



SAVONIA

Panoraamavalokuvaus

Panoraamakuvien tuottaminen

Dan Hietasalo

Opinnäytetyö

Koulutusala Luonnontieteiden ala	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Dan Hietasalo	
Työn nimi Panoraamavalokuvaus	
Päiväys 17.12.2012	Sivumäärä/Liitteet 69
Ohjaaja(t) Marja-Riitta Kivi	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Normaalit valokuvakamerat pystyvät tallentamaan rajallisen alueen kuvauskohteesta. Opinnäytetyö käsittelee, kuinka valokuvaaja voi muodostaa yhden yhtenäisen kuvan koko laajemmasta näkökentästä käyttäen normaalia digitaalista valokuvakameraa. Näitä yhtenäisiä laajan näkökentän kuvia kutsutaan panoraamakuviksi. Näistä valokuvista voidaan muodostaa uusia keinoja katsella ympäristöä muodostamalla kuvia laajemmassa kuin ihmisen normaalissa näkökentässä. Voimme tarvittaessa kuvata koko ympäristö pysty ja vaakasuunnassa. Jotta saadaan laajemman näkökentän alue tallennettua yhdeksi kuvaksi, tarvitaan useita kuvia normaalilla valokuvalaitteella. Yksittäisien kuvien saaminen yhteensopiviksi, asettaa panoraama kuvaamiselle vaatimuksia.</p> <p>Panoraamavalokuvia ottaessa tulee ymmärtää valon kerääminen suhteessa kuvan ottamisen ajalle, jotta yksittäiset valokuvat saadaan samanlaisille valotusarvoille talteen. Valokuvan ottamisen ajan lisäksi kameras valotehon keräävän aukon kokoa voidaan säätää ja kameras herkkyyasetuksia muuttaa tilanteelle sopivaksi. Kameroiden automaattiset toiminnot pyrkivät löytämään sopivat arvot itsenäisesti ympäristön valotehon mukaan, joka on haaste panoraamakuvia ottaessa, koska kuviin tulee erilaiset värityksen kameras eri kuvaus asetuksilla. Kuvien ottamisen välille muodostuu myös aikaero. Kuvissa olevat liikkuvat kohteet saattavat olla mahdoton saada yhteen kuvaan, kuten ihmiset tai autot, voivat jäädä osittain yksittäisen ulkopuolelle. Kuvista mahdolliset osat, joita ei ole saatu kokonaisina talteen on poistettava ja poistetut osat täydennettävä muista kuvista tai kuvankäsittelyohjelmalla. Opinnäytetyö käsittelee teoriassa ja käytännön koekuvilla panoraamakuvan muodostamisen työvaiheet käyttäen yhdistämis- ja muokkaustyökaluja esimerkkikuvien.</p> <p>Panoraamakuvaustekniikasta löytyi uusi ratkaisu kuvan värisävyjen tallentamisen ongelmaan, ylivalotuneiden- ja pimeiden pintojen välille saamalla kuvausympäristö talteen luonnollisella värimaailmalla. Lopputuloksena on käytännön panoraamakuvaus muodostaa napa-panoraamakuva, joka on uudenlainen tapa katsella täydellistä ympäristönäkymää. Valokuvan kaappaustekniikan ymmärtäminen panoraamakäyttöön auttaa löytämään keinoja saada laadukkaamman yhtenäisen kuvan ja mahdollisemman virheettömänä luonnollisena lopputuloksena.</p>	
Avainsanat panoraama, valokuvaus, laajakuva, kuvasuhde	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Dan Hietasalo			
Title of Thesis Panoramic Photography			
Date	17.12.2012	Pages/Appendices	69
Supervisor(s) Marja-Riitta Kivi			
Client Organisation/Partners			
<p>Abstract</p> <p>Basic cameras are capable to capture a limited of target area of view. Thesis exploring how photographer would be able to build one large image from wide angles together by using normal digital photographic camera. These combined wide angle pictures, have been called as panoramic pictures. By create new ways, these pictures make it possible to watch and capture wider areas than human eyes can see once at same time. If there is necessary to capture entire angles view on both vertical and horizontal direction or to get wide vision field saved into a single picture, it require multiple of shots by using normal photo camera. In order to gather all single pictures become compatible with others, certainly it has also set several requirements on panoramic photography.</p> <p>When shoot a panoramic photo, it demands well comprehension about how light receiving happened during the exact moment when photo was taking, so every individual stored photo could get a same exposure value. Besides of picture's capturing time, camera's light output collecting shutter size is possible to adjust as well as camera's sensitivity to find best settings on situation. Camera's automatic features tend to find appropriate settings from environment values of the light intensity independently, which is a challenge in adopting the panoramic image. Because every single picture gets different exposure colors by different camera's shooting range settings. There are also taking-times differences among pictures. Additionally, moving targets in view angle could be impossible to capture in a single photo, such as people and vehicles, they might be left partly outside from the photo. Any parts of the images which was not caught as one complete object, it has to be removed and discarded areas need to be filled with parts from another photos by using photo editing software. Thesis handles in theoretical and practical test shots for panoramic formation of phases by using merge and editor software tools for example pictures.</p> <p>Panoramic photography technique contributed to create new solution for color tones problem, overexposed and dark surfaces. The final result is a practical polar panorama, which is a new way to view a complete surrounding environment. Understanding about photos capturing panoramic technique helps to find out new ways to get better quality coherent pictures and as natural as possible in photos.</p>			
Keywords panorama, photograph, widescreen, aspect ratio			



SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	8
2	KUVASUHDE.....	9
3	PANORAAMAKUVIEN HISTORIA	11
4	VALOKUVAUKSEN PERUSTEET	13
4.1	Kuvan kaappaaminen.....	13
4.1.1	Valottaminen	14
4.1.2	Salamavalon käyttö panoraamakuissa	19
4.1.3	Optinen suljin	20
4.1.4	Kennon herkkyys.....	22
4.1.5	Kohina	22
4.2	Kameroiden automatiikka	23
4.3	Kuvan tarkentaminen	24
4.4	Polttopiste ja polttoväli.....	25
4.5	Kuvausteline panoraamakäyttöön.....	26
4.6	Panoraamakuvauksen apuväline kalansilmäobjekti.....	27
4.7	Kaukolaukaisin	29
4.8	Valokuvauslaitteet panoraamakuvauskäytössä.....	29
4.8.1	Panoraamakuvaukseen DV-kameralla.....	30
4.8.2	Panoraamakuvan ottaminen älypuhelimella	30
5	PANORAMAKUVIEN KUVAAMISEN MUISTISÄÄNNÖT	32
5.1	Kuvien ottamisen perussäännöt panoraamakäyttöön.....	32
5.2	Kolmijalan käytössä huomioon otavat seikat	32
5.3	Kameran asetukset panoraamakuvaukseen	32
5.3.1	Kuvauksen järjestys.....	33
5.3.2	Ohjelmistojen huomioon otavat vaatimukset	33
6	Ohjelmistotyökalut	35
6.1	Kuvien yhdistäminen.....	35
6.1.1	Kuvien yhdistäminen	37
6.1.2	Päällekkäisyys kuvissa	42
6.2	Kirkkaus- ja värisävyjen korjaus yksittäisten kuvien välillä	47
6.3	Colosseum panoraamakuvan korjausvaihe	49
6.4	Pohdinta	55
7	HAVITTUJA TULOKSIA OPINNÄYTETYÖSTÄ	57
8	PANORAAMAKUVAN MUODOSTAMINEN	59

8.1 Näkökulma.....	59
8.2 Napapanoraamakuva	59
8.2.1 Kuvan ottaminen.....	60
8.2.2 Kuvan muodostaminen ohjelmistotyökaluilla Panoraamakuvaksi	61
8.2.3 Yhtenäisen Panoraamakuvan virheiden korjaus.....	63
8.2.4 Kuvan muodostaminen Panoraamakuvasta Napa-Panoraamakuvaksi .	63
8.2.5 Napa-panoraamakuvan viimeistely	67
LÄHTEET	68

1 JOHDANTO

Oletko koskaan selatessasi verkkosivuja hämmästellyt omaa näkökenttääsi laajempia valokuvia? Kuinka sivustoille on saatu valokuva urheilustadioneista, pitkistä vuoristomaisemista tai korkeista rakennuksista lähietäisyydeltä laajalta alueelta? Mahdollisesti yhdessä kuvassa on näkymä talon korttelista niin, että koko kortteli ympärysmitaltaan tai koko pitkä sivuseinämä näkyy yhtenäisenä yhdessä kuvassa. Tällaisia valokuvia saattaa nähdä ajoittain verkkosivujen selausvalikkojen taustakuvissa tai yläpaneeleissa.

Tällaiset kuvat, jotka kerralla, saattavat kattaa näkökenttää laajempia alueita aiheuttaa katsojassa hämmäntäviä tunteita. Katsoja ei mahdollisesti itse huomaa heti, että kyse on valokuvasta, joka on rakennettu kuin palapeli useista osista. Näitä valokuvia on yleensä muokattu kuvankäsittelyohjelmilla, jotta valokuva näyttäisi siltä, kuin se olisi otettu yhdellä kuvalla. Näitä yhteen koottuja kuvakokonaisuuksia kutsutaan panoraamavalokuviksi.

Useasta kuvasta koottavan valokuvan muodostamisen työmäärään vaikuttaa, että onko jo kuvaa otettaessa huomioitu sen tuleva käyttötarkoitus. Käyttämällä vaivaa valokuvan ottamisen suunnitteluun, mistä valokuvan palaset kerätään kuvattavasta näkymästä, vaikuttaa lopullisen työn määrään ja kuvatun lopputuloksen laatuun.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään aluksi valokuvien ottamisen perusteisiin. Perustuntemus valokuvan muodostumisesta tarvitaan ennen kuin voidaan siirtyä panoraamakuvan rakentamiseen käyttämällä perus digitaalikameraa. Opinnäytetyöhön kerätään perusohjeita, kuinka panoraamakuva rakennetaan. Mitä tulisi ja voisi ottaa huomioon jo valokuvaa ottaessa kun halutaan rakentaa mahdollisemman realistinen yhtenäinen panoraamakuva? Kuvien yhteen rakentaminen vaatii myös kuvankäsittelytaitoja. Opinnäytetyössä ohjelmistotyökaluina on käytetty pääosin Adobe Photoshop versiota 13.0 ja ACDSee version 12 kuvankäsittelyohjelmaa ja kuvien yhdistämisen työkaluna PtGui sovellusta. Ohjelmien kaikkia ominaisuuksia opinnäytetyö ei käsittele, vaan rajoitan käsittelyn vain oleellisiin työkaluihin panoraamakuvien muodostamisessa.

Yhteen rakennettuja panoraamavalokuvia voidaan hyödyntää edelleen eteenpäin halutessa tehdä valokuva näkymästä, jossa katsoja tuntee olevansa kuvan keskipisteessä, jolloin valokuvaa voidaan tutkia kääntämällä katselukulmaa 360 asetetta vaakatasossa ja 180 asetetta pystysuunnassa, jotta voidaan nähdä, koko ympäristön, mistä kuva on otettu. Täydellisessä panoraamakuvassa voidaan nähdä koko tapahtumapaikan tarina ja ympäristö, mistä kuva on kerätty.

2 KUVASUHDE

Sana laajakuva tunnetaan yleisesti TV-vastaanottimista ja elokuvateatterien kuvakankaasta. Mitä tuo sana tarkoittaa? Ensimmäisissä TV-vastaanottimissa oli yleisesti käytössä 4:3-kuvasuhdestandardi, joka on muuttunut viimeisen vuosikymmenen aikana 16:9-kuvasuhteeksi. Tätä uudempaa kuvasuhdetta on alettu kutsua muutoksen jälkeen laajakuvaksi. Sana laajakuva on nykyään harhaanjohtava, koska sana muodostui kuvasuhteen muutoksesta leveämpiin katselukokemuksiin. Kuva ei sinänsä ole suurempi, eikä 16:9-kuvasuhde ole enää nykypäivänä laajin käytössä oleva kuvasuhde, vaan kuvasuhteet ovat laajentuneet edelleen leveämmiksi.

4:3 ja 16:9 kuvasuhteet ovat muutamista standardoiduista kuvasuhteista. Standardisointia tarvitaan, jotta kuvia tallentavien ja toistavien laitteiden yhteensopivuus varmistettaisiin. Kuvasuhteiden standardisoituminen on haaste ja rajoite panoraamakuvauksessa. Panoraamakuvien tarkoitus on irtautua perinteisistä kuvien näkökenttien rajoista.

Kuvasuhteen suhdeluvilla tarkoitetaan sitä, kuinka monta osaa kuvasta näkyy leveyssuunnassa verrattuna kuvan korkeussuuntaan. Esimerkiksi 4:3-kuvasuhteessa on leveyssuunta jaettu neljään osaan verrattaessa tätä kuvan pystykoreuteen, joka on yhden neljännesosan lyhyempi kuvan leveyttä.



KUVA 1. Yleisimmät kuvasuhdestandardit. (Kuvakaappaus Turok Xtremesystems inc foorumilla. Otsikko Common Aspect Ration 20.3.2008)

Käytetyt standardit ovat määrittyneet yleensä sen mukaan, missä pinta-alan koossa ihmiset haluavat katsella kuvia ja videota. 4:3-kuvasuhteen muuttuminen yleisesti 16:9-kuvasuhteeksi tapahtui laajakuvaelokuvien katselunautinnon saamiseksi koteihin leveämmäksi katselukokemukseksi.

Kehitys on siirtynyt tästä eteenpäin jatkuvasti leveämpiin kuvapinta-aloihin. Tuon asian esille, koska opinnäytetyössäni käytän normaalia digitaalikameraa, jossa on kuvia ottaessa mahdollista valita kuvaustekniikka vaihtamalla kameran kuvausasetusta ja kaapattavaa kuvausaluetta kuvasuhteasetuksella tallennuslaitteesta. Täydellistä panoraamakuvaa rakentaessa ja katsellessa saadaan rikottua kuvasuhteen standardit. Täydellinen panoraamakuva rakennetaan yleensä leveys-suunnassa 360-asteiseksi ja korkeussuunnassa 180-asteiseksi. Jos panoraamakuva asetellaan näkyviin tasaiselle pinnalle, kuva on yleensä 2:1-kuvasuhteessa. Realistisin katselukokemus kuitenkin saadaan katsomalla panoraamakuvaa täydellisenä ympäröivänä kuvana niin, että oma näkökenttämme toimii kuvasuhteenamme kuvan raameina. Tätä varten vielä vuonna 2012 ei ole normaalille kuluttajalle olemassa katselulaitetta, mutta tulevaisuuden visiossa ei meillä ole enää kuvankatselussa kuvassa raameja.

Nykyisten kuvasuhteiden standardisointia tarvitaan kuvauslaitteiden ja kuvientoistolaitteiden kommunikoinnin saamiseksi yhtenäiseksi maailmanlaajuisesti. Jos kaikki laitevalmistajat, valokuvaajat ja videokuvaajat käyttäisivät omia valittujaan kuvasuhteita, saattaisivat kuvien katselu ja luontiin tarkoitetut laitteet olla yhteensopimattomia keskenään. Tämä näkyisi kuvien venymisenä pysty- tai vaakasuunnassa. Jos yhteensopimatonta kuvasuhdetta ei venytettäisi, jäisi osa näyttötilasta käyttämättä näkyen mustina sivureunoina kuvanäyttöjen sivuilta tai ylä- ja alaosissa. Vaikka seuraisimmekin täydellistä panoraamakuvaa rajoitetulla nykyisillä kuvasuhdenäkökenttästandardeilla, kuten TV-vastaanottimella, ei kuvaan tule mustia reunoja tai venytettyä osaa.

Kameroissa ja laitteissa kuvasuhde asetus kerrotaan usein englannin kielen sanoilla Aspect ratio. Opinnäytetyössäni käyttämissäni Panasonic-kameroissa kuvasuhteen asetusvalikko löytyy tällä nimellä.

3 PANORAAMAKUVIEN HISTORIA

Laajoja kuvakulmia on käytetty jo ennen valokuvien ilmestymistä. Merkittäviä historiallisia tapahtumia on kuvattu maalauksissa tapahtumasarjoina tai tapahtumina, joissa pyritään kuvaamaan useaa yhtäaikaista tapahtumaa tai tapahtumasarjaa yhtenäisessä kuvassa. Historiallisten rakennusten seinämaaleista ja kattopinnoista voi löytää kuuluisien maalareiden kädentöitä laajoina kuvapintoina.

Esimerkkejä historiallisista laajakuvamaalauksista:

Hollannista, Haag Panorama Mesdag museosta löytyy panoraamakuvaamaalaus 1880 – 1881 LUXENBURILAISET pienestä kylästä koko rantaviivan mitassa. Museon nimi tulee Henrik Willem Mesdagista, jonka nettiosoitteesta (Panorama Mesdag) löytyy kuvamateriaalia Hollannin suurimmasta laajakuvasta.

Vanhimpia panoraamamaalauksia on Kiinalainen keisarin Xuande matkasta Ming Dynastian haudalle vuonna 1425 – 1435 mukanaan valtava ratsastajajoukko. Kuva on 92.1 cm x 2601.3 cm kokoinen National Palace museum sivuston mukaan (National Palace museum).

Meille suomalaisille mahdollisesti tuttu panoraamamaalaus historianoppikirjoista kun Venäjän ensimmäinen suuri isänmaallinen sota Ranskaa vastaan tapahtui 1812. Taistelua on kuvattu Battle of Borodino (1911) historiallisessa maalauksessa 1854 – 1855 Siege of Sevastopol (1905) (Museum.Panorama Borodino-Battle). Maalakselle on tehty oma pyöreä rakennus, joka löytyy Moskovasta museosta (Destination management in Russia).

Laajamittaisista kuvista voidaan havaita, että näillä on haluttu tallettaa suuria tapahtumaketjuja ja niiden suuruusluokkaa samaan aikaan. Samoin opinnäytetyöni tarkoitus on oppia tallentamaan koko ympärillä oleva ympäristö yhteen kuvaan käyttäen tallentamisen apuvälineenä normaalikuvasuhteen 4:3 / 16:9 kuvasuhdetta käyttävää kameraa. Lisätavoitteena haluan työssäni edelleen löytää tapoja katsella ja käyttää näitä hienoja laajakuvia jatkokäsiteltynä kuvina tuodakseni mahdollisuuksia nähdä laajan kuvan pienemmässä näkökentässä kerralla näkyviin.

4 VALOKUVAUKSEN PERUSTEET

Ennen panoraamalakuvan tekemistä on panoraamavalokuvaajan tunnettava valokuvaamisen perusteet. Mitä paremmin kuvaa otettaessa tiedetään valokuvien muodostumisen fysiikka, sitä enemmän voidaan panoraamakuvien ottamisessa välttää kuvien jälkikäteen tehtävää mahdollista korjaustyötä. Panoraamakuvan muodostamiseen ja korjaamiseen kuvankäsittelyohjelmilla voi mennä nopeasti kymmeniä tunteja. Siksi työni lähtee etenemään valokuvien ottamisesta ja kuvan muodostamisesta normaalilla digitaalikameralla, jotta voimme välttää tarpeettoman kuvan korjaamisen. Lopullinen panoraamakuvan muokkaaminen korjausohjelmilla voidaan välttää teoriassa kokonaan kun kaikki kuvaamisen seikat on otettu huomioon jo valokuvia ottaessa.

Valokuvia voidaan muokata tarkoituksenmukaisemmiksi erilaisin kuvankäsittelyohjelmin jälkikäteen. Ohjelmistotyökaluja muokkaamiseen on tarjolla yhä kasvava, joukko ja siksi rajoitan työtäni vain kuvankäsittelytyökalujen korjaustyökaluihin panoraamakuvan muodostamisen näkökulmasta. Usein ammattivalokuvaajat haluavatkin pitää jälkikäteen kuvankäsittelyn mahdollisemman pienenä, jotta omat kuvaustulokset näkyisivät otoksissa. Liiallinen valokuvan jälkikäteen tehty muokkaaminen saattaa olla vahingollista valokuvan tarkoitukselle. Kyse voi olla myös periaatteesta pitää todelliset hyvät valokuvaustaidot erillään hyvistä kuvankäsittelytaidoista tai valokuvauskilpailuista, joissa valokuvan muokkaaminen jälkikäteen ei saata olla sallittua. Valokuvan muokkaus jälkikäteen on aina mahdollista selvittää, tutkimalla kuvapisteitä.

Opinnäytetyössäni ja työvaiheissa pyrin pitämään kuvan muuntamisen erillään panoraamakuvien korjaustyöstä. Panoraamakuvia tehdessä joudutaan käyttämään kuvankäsittelyohjelmia, mutta tarkoituksena ei ole muokata alkuperäisen kuvien omaa värimaailmaa eikä tehdä varsinaista tarkoituksellista kuvan editointityötä. Tavoitteenani pitää kuva mahdollisemman alkuperäisen ja luonnollisen näköisenä.

4.1 Kuvan kaappaaminen

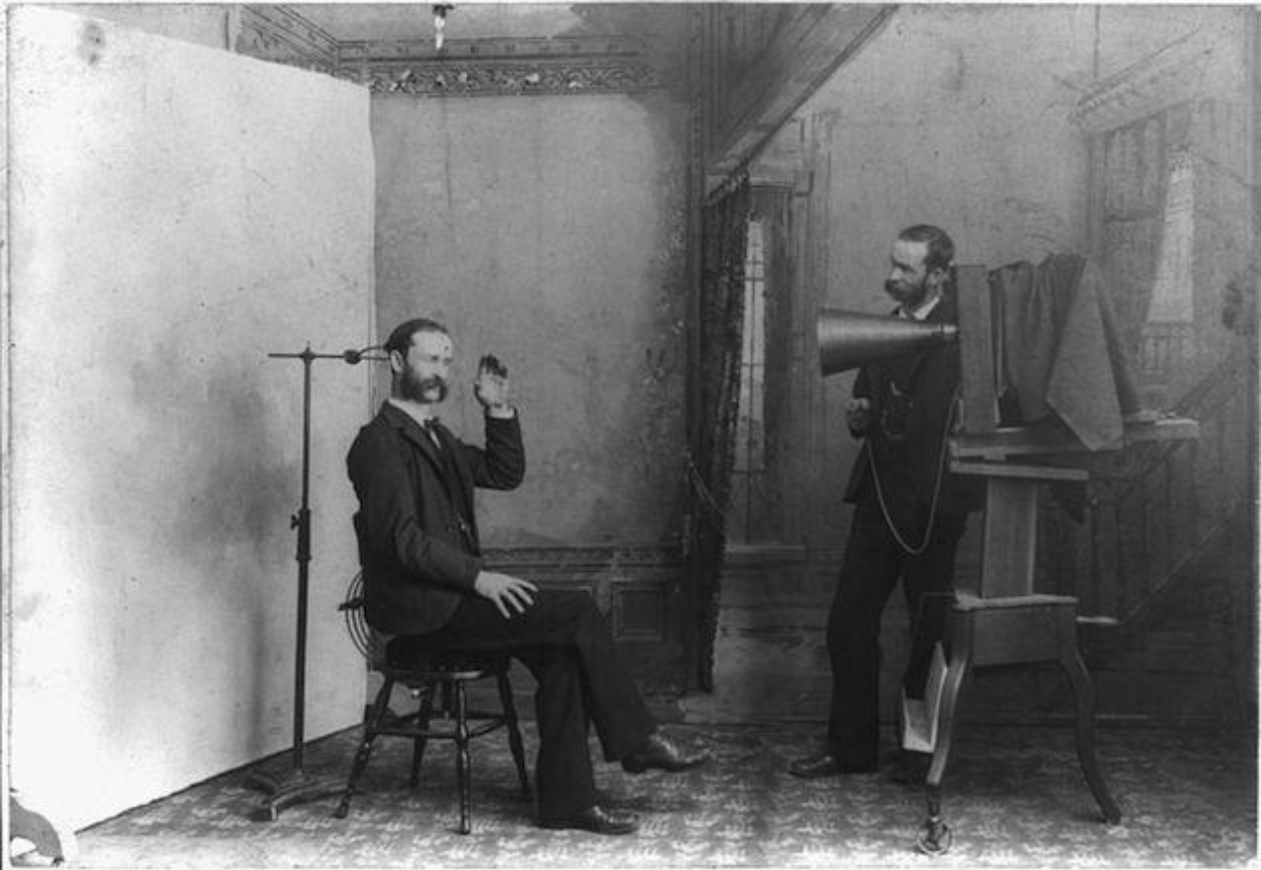
Kuvien kaappaamisen vaikuttavat mahdollisuudet vaihtelevat kameratyypistä ja jopa merkistä johtuvista lisäominaisuuksista. Perussäännöt kuitenkin ovat samat digitaalisiin kuten myös filmikameroihin. Kameroiden digitalisoituminen ei ole muuttanut periaatetta kuinka kamera tallentaa kuvan, vaan ainoastaan kuvan tallentumisen paikka on muuttunut. Digitaalisuus on mahdollistanut kuitenkin kameroihin mahtumaan paljon lisäominaisuuksia, kuten digitaalisen zoomauksen eli kuvan lä-

hemmäksi tai kauemmaksi tähtäämisen kuvapisteidien laajentamisen avulla. Zoomausta saatetaan kuvata myös sanoilla kuvan rajaaminen tai tarkentamista. Kuvan zoomausta digitaalisesti en suosittele, koska tämä on keinotekoinen kuvan rajaus, joka vähentää kuvapisteidien määrää lopullisesta kuvasta. Panoraamakuvauksessa jokainen kuva tulisi olla otettuna samalla kuvapistemäärällä, eikä kamera kerro digitaalista tarkennusta käyttäessä tulevien pisteiden määrää.

Valokuvauksen tärkein ymmärrettävä asia on valokuvan valottaminen. Valokuvan valottaminen on käytännössä kuvan värien keräämistä talteen. Kerääminen tapahtuu kamerasen valoherkässä osassa, jota kutsutaan sensoriksi tai kennoksi. Valottamiseen kamerassa vaikuttaa kaksi asiaa: optisen aukon koon muuttaminen ja kuvan ottamisen aika.

4.1.1 Valottaminen

Jokaisella kameralla on kuvien valottamisen aika. Palataan hetkeksi vielä aikaan kun kameralaitteissa ei vielä ollut elektroniikkaa käytössä. 1800-luvun alkupuolella tulivat ensimmäiset kannettavat kameralaitteet.



KUVA 2. Kuvattavan henkilön täytyi pysyä täysin paikallaan kuvauksen aikana 1800 luvun alussa. (Kuvakkappaus Saga Lanen 9.12.2011, artikkeli The Pace of Technology)

Valo, joka kerättiin ympäristöstä tuli luonnollisesti kuvan ympäristöstä, jonka keräämiseen kului tuon ajan kameroilla useita minuutteja. Kuvauskohteen olikin pysyttävä täysin paikoillaan kuvauksen ajan. Mitä enemmän valoa ympäristössä oli, sitä nopeammin kuva saatiin tallennettua. Tästä saikin alkunsa salamalamppu. Väläyttämällä kirkasta varoa kuvauskohteessa saadaan tallenne nopeammassa ajassa tallentumaan valonkeruulaitteeseen.

Nykyisissä digitaalikameroissa valottamisaikaa voidaan muokata, kuten ensimmäisissä edeltäjäisäkin. Nykyisten kuvien ottamisen valottaminen lasketaan sekunneissa tai sekunnin murto-osissa. Tärkein kuitenkin on aina löytää oikea valotusaika kuvatessa kuvaustilanteeseen sopivaksi. Tässä ihmisen silmä ei aina ole paras mittari, koska silmämme tottuvat kirkkaaseen tai hämärään, joten emme ehkä pysty ilman valotehomittaria sanomaan kameralle mikä on sopiva valotusaika. Myös ympäristön värit vaikuttavat valotusaikaan, kuten lumimaisema, ruskan värit tai taivaan sinertävyys. Jos valotusaika on liian pitkä, muuttuu taivas vaaleaksi ja jos taas liian lyhyt tulee, taivas sinisemmäksi kuin todellisuudessa, mutta muu tausta saattaa jäädä pimeäksi ja epätarkaksi.

Valokuvaa ottaessa manuaalisilla asetuksilla kuvan valotusaika on nähtävissä ja valittaessa. Myös automaattisilla asetuksilla valotusaika tallentuu kuvan informatiivisiin tietoihin useimmissa kamera-laitteissa.



KUVA 3. Pitkän valotusajan kuvassa ajoneuvo ohittaa kuvan oton aikana. Varsova, Puola. Valokuva Dan Hietasalo 2010

Yllä otettu kuva on kaapattu hiljaiselta Puolan pääkaupungin Varsovan yöllä kuvan ohittaneesta jäteautosta, jonka ajovalojen juovat ovat tallentuneet kuvaan. Mitä pidempi on valotusaika, sen kirkkaammilta katuvalojen heijaste kasvaa tallennetussa kuvassa. Jos taas valotusaika olisi lyhyempi ja ympäristössä olisi enemmän valoa, saattaisi ajoneuvokin näkyä kuvassa liikkuvana epäselvänä hahmona. Valotusajan ollessa liian pitkä, tulee katuvalojen heijasta tekemään koko kuvan valkoiseksi. Kuva on otettu pimeässä 30 sekunnin valotusajalla, manuaalisesti asettaen kuvausai-ka. Kamera on asetettu pöydälle kuvauksen ajaksi tärähtelyn estämiseksi.

Valottamisen toinen ongelma kuvauksessa tulee suuresta valon määrästä. Kun kuvausympäristö on kirkas, kuten kuvassa 4 on aurinko ja auringon heijastamia pintaa on paljon. Kevätauringossa

on oltava varovainen, että kuvan tummemmat vähemmän valoa antavat kohteet eivät jää liian pimeiksi. Kuvasajan on oltava näissä tilanteissa hyvin lyhyt, esimerkiksi 1/2500 osaa sekunnista.



KUVA 4. Lyhyt valotusaika kirkkaasta ympäristöstä. Valkeisen lampi, Kuopio. Valokuva Dan Hietasalo 2011



KUVA 5. Sopivan valotusajan löytäminen. Valkeisen lampi, Kuopio. Valokuva Dan Hietasalo 2011

Esimerkkikuvista näkyy mitä kuvalle tapahtuu kun samaan kuvaan tulee saada kirkasta ja tummaa aluetta yhdellä kuvauksella. Jos valotamme kuvaa liian lyhyen ajan, kuva on täysin musta tummist kohdista, mutta taivas säästää auringon ympäriltä tämän sinertävää väriä hyvin valottumatta liikaa. Alemmassa kuvassa 5 valotusaikaa on pidennetty. Tämä kasvattaa auringon valon määrää ja kasvattaa auringon kokoa vahvana valonlähteenä, joka on ylivalottanut puun latvan oksia.

Alemmassa kuvassa on lopputulos, johon parhaimmillaan voidaan päästä ylivalottuneisuuden ja liian pimeiden kohteiden näkemisen kannalta löytäen kamerasta sopivan mittainen valotusaika. Panoraamakuviakin ottaessamme voimme ottaa ensin testikuvia, mikä olisi sopiva valotusaika lopullisten kuvien keräämiselle. Valotus asioiden korjaamiseksi löydämme lisää ratkaisuja seuraavista työni osioista, salamavalo, optinen suljin ja uutena näkemyksenäni ja tuloksena ongelmaan löytyy itse panoraamakuvaustekniikan hyödyntämisestä.

4.1.2 Salamavalon käyttö panoraamakuissa

Salamavalon kuvissa näyttää aiheuttavan haasteita kuvien yhdistämisvaiheeseen. Salaman lisävalovälähdys tekee kuvalle teräviä varjoja tai poistaa luonnollisista valonlähteistä muodostuneita varjoja. Kun samasta kohteesta otetaan useita kuvia, ei salaman aiheuttamat varjot kameran asennosta johtuen mene yhteen viereisten kuvien kanssa kun kuvia yhdistetään. Perusvalokuvakameroissa kuvauspään varjo jää kuvaan, koska salamavalon sijaitsee lähellä kameran objektin yläpuolella. Tällöin kuvan alaosa ei välttämättä saa salaman tekemää valoa mukaan kuvaan vaan kuvan alaosassa on varjoalue. Tätä ongelmaa ei ole järjestelmäkameroissa, joissa salamavalon voidaan kääntää ja nostaa eri asentoihin.

Salaman tekemä valo myös heijastuu usein eri pinnoilta kirkkaana valopisteenä peilikuvana. Lopullisessa panoraamakuissa näkyisi kuin valokuvaaja olisi tallentunut peilikuvaväläyksenä useaan kohtaan kuvassa heijastavissa pinnoissa. Salamavalon ei myöskään heijastu takaisin kameralle aina samalla tavalla kun kuvauskohde tai kameran asennot muuttuvat seuraavaa kuvaa ottaessa. Salamavalon käyttö ei tuo esiin todellista valo- ja värimaailmaa kuvan tilasta vaan vääristää keinotekoisella valolla kuvauskohdetta.

Salamavalon käyttö sopii tiloihin kun kuvauskohteessa on lyhyet etäisyydet, jotta salamavalon yltää kohteen syvimpiin pintoihin saakka, kuten sisätiloissa kuvatessa huoneesta panoraamakuja. Yleensä salamavalon tasainen toimiva kantomatkalla on reilu kolme ja puoli metriä. Mahdolliset kirkkaan heijastavat pinnat olisi myös poistettava kuvista täysin tai käsiteltävä ne kuvankäsittelyllä poistaen salaman aiheuttamat heijastumat.

Salamavalon voidaan kuitenkin hyödyntää muutamassa poikkeustilanteessa. Lisävalo auttaa kuvissa, joissa on suuri valomäärän vaihtelu. Esimerkiksi edellisessä kappaleessani mainitsema tilanne, jossa valokuvassa on aurinko. Aurinko pakottaa valokuvaajan vähentämään valokuvan ottamisaikaa, jolloin vähemmän valoa saavat pinnat jäävät pimeiksi. Jos tällaisia pimeitä pintoja on vain lähietäisyydellä kamerasta, voidaan kameran omalla salamavalolla korjata tilannetta antamalla lisävalon pimeisiin kohtiin kuvassa. Tällöin pimeät alueet jäävät kuvaan selvästi näkymään salamavalon avulla. Tätä kutsutaan vastavalottamiseksi.

Useissa pienissä ja keskisuurissa kameroissa ei ole mahdollisuutta säätää salamavalon tehoa. Järjestelmäkameroissa tämä onnistuu. Salamavalon tehon vähentäminen panoraamakuissa saattaisi sallia jonkin verran salaman käyttöä jos valo on riittävän pehmeä, eikä aiheuttaisi kuvissa liian vahvoja varjoja ja heijastuvia pintoja. Keskityn opinnäytetyössäni pienten ja keskisuurten ka-

meralaitteiden käyttöön panoraamakuvaukseen. Salamavalon on pienissä ja keskisuurissa kame-roissa rakennettu kameraan sisälle, eikä tämän vaihtamista tai ulkoisen salamavalon käyttöä ole mahdollistettu. Käytännön panoraamakuvaukseen ei sovellu studiotasoiset ulkoiset -salama ja li-sävalot käytännön tilanteissa, koska näiden asettelu ja tasaisen valotehon saaminen kaikkiin kuviin olisi aika vievää asettelua.

4.1.3 Optinen suljin

Kun kuvauskohde on nopeasti liikkuva kohde tai alue, jää ainoaksi mahdollisuudeksi saada kuva tarkkana talteen suuremmalla optisen kuvan sulkuaukon kokoa suuremmaksi. Optinen kameran suljin on englanninkielessä ”shutter”. Sana on yleisesti käytössä myös suomessa. Mitä suurempi sulkuaukko on, sitä enemmän kamera kaappaa valoa vastaan lyhyemmässä ajassa. Tämä saattaa olla usein ainoa mahdollisuus saada tyydyttävä kuva lyhyellä valotusajalla hämärässä, jos salama-valon käyttöä ei kuvaustilanteessa voida käyttää.



KUVA 6. Piirros kameran optisesta sulkuaukosta, englanniksi shutter. (Kuvakaappaus Freeml-geWorks.com 2012)

Missä tilanteissa salamavaloa ei voida käyttää? Matkailtaessa historiallisissa kohteissa ei kameroiden salamavaloa aina saa käyttää, koska tämän pelätään kuluttavan historiallisia esineitä. Sala-man käyttö on myös häiritsevää tai kiellettyä tietyissä tilanteissa, joissa seurataan esitystä ja sala-mavalot voisivat sitä häiritä. Salamavalon voi myös olla ongelmallinen jos valo ei yletä kuvaskohtee-seen saakka. Tällainen tilanne voi tulla kun tarkennuspiste on etäämpänä tai kuvauksessa on käy-

tetty zoomausta. Salamavalo kirkastaa lähietäisyyden kohteet ja pimentää näin taempana olevan alueen lyhyen valottamisajan vuoksi. Lisäksi jos kuvauskohde on liikkuva, ei voida käyttää pitkiä valotusaikoja, koska tämä tallentaa liikkeen kuvan, jolloin liikkuvat osat muuttuvat epäselviksi. Näissä tilanteissa tilanne voidaan pelastaa vain kameralla jossa on riittävän suureksi säädettävä sulkuaukko. Sulkuaukon koko on yleensä sitä isompi mitä suurempi kameran objekti on.



KUVA 7. Optinen sulkuaukko on silmämääräisesti nähtävissä objektissa. (Kuvakaappaus Wesley, F. 2012)

Kameran valovoiman sulkuaukon koolle on asetettu herkkyysnumero. Sulkuaukon valovoimaisuus sulkuaukon koko on asetettu merkityksi f-luvulla kameralla kuvatessa. Useilla kameroilla f-arvo saadaan näkyviin jo kuvaa ottaessa. Yleensä asetus näkyy valotusaika asetuksen lähetyvillä kameran asetuksissa tai kuva ottaessa. Automaattiasetuksien ollessa päällä, ei kaikissa kameroissa sulkuaukon kokoarvo tai valotusaika tule näkyviin. Kuvanottamisen sulkuarvo ja kuvan ottamisaika eli valotusaika ovat yleensä vierekkäiset tiedot kamerassa, koska näiden käyttö liittyy toisiinsa. Työssäni käyttämässä vanhemmassa puolijärjestelmäkamerassa F arvoja oli saatavissa seuraavin numeroin F2.8, F3.2, F3.6, F4.0, F4.5, F5.0, F6.3, F7.1 ja F8.0. Jos pienemmistä taskukameroista löytyy arvo alle F2.8, kyse on ilmeisen hyvän laitteesta pimeässä kuvaamiseen. Mitä pienempi F-arvo on, sitä nopeammin kamera kuvan kaappaa. Mitä suurempi F numero, on sitä pienemmäksi kamera asettaa sulkuaukon kuvaa tarkentaessa. Optisen aukon F4.0 arvolla käsivarainen kuvaaminen alkaa olla jo vaikeaa, koska jos käsivaraisena kuvatessa käsi liikkuu aina hieman ja kuvasta tulee epäselvä. Suurella sulkuaukon kokoarvolla kamera saa siis valoa vähemmän kerättyä samassa ajassa kuvasta.

Aikaisemmassa esimerkkikuvassamme, jossa kuvassa on mukana aurinko ja valotusaikaa on lyhennetty, on myös jouduttu pienentämään kameran sulkuaukon koko lähes minimiasetukselle. Myös sulkuaukon pienentäminen voi olla ratkaisu tilanteisiin missä kamera ei kykene enää tallentamaan kuvaa nopeammin ja silti kuvasta tulee liian ylivalottunut. Näin sulkuaukkoa kamerassa on pienennettävä, jotta kuva ei saa liikaa valoa. Sulkuaukon koon toimivuutta ylivalotuksen estämiseksi voidaan verrata ihmisen silmään. Siirtelemme silmiämme kun katsomme kirkkaaseen valoon pienentääksemme valon määrää näkökentässämme, jotta emme sokaistuisi.

4.1.4 Kennon herkkyys

Digitaalikamerassa poiketen filmikameraan vaikuttaa myös kameran kuvaussensorin herkkyys, vastaava asia olisi filmikamerassa filmin herkkyys. Herkkyys ilmaistaan kameran ominaisuustiedoissa nimikkeellä ISO arvo. ISO arvo on merkitty kameroihin miltä arvoväliltä näitä voidaan käyttää tai mitä arvoja on käytössä.

Herkkyysarvoa joudutaan nostamaan valotehon saamiseksi riittäväksi, jos valokuvassa on liikkuvia osia eikä kuvausajaa voida lisätä eikä kuvausaukon koko riitä pimeässä. ISO arvon maksimiarvon noustessa kameroissa myös kameran hinta yleensä nousee.

4.1.5 Kohina

Suuria ISO arvoja käytettäessä pienissä pokkarikameroissa tulee kuitenkin ongelma, ottaessa nopeita ja liikkuvia kuvia pimeässä. Hämärässä on käyttöön asetettava mahdollisemman suuri ISO asetus. Tämä aiheuttaa kuvassa kohinaefektin. Kohinaa ei näe kameran pienellä näytöllä ellei kuvan yksityiskohtia tarkenna. Kohinan huomaa vasta kun kuva kehitetään tai asetetaan suuremmalle näytölle. Kohina näkyy läikikkäinä pisteinä etenkin kuvan pimeissä ja tasavärisissä kohdissa. ”Mitä suurempi ISO arvo, sitä herkempi kenno eli saman valomäärän saamiseksi riittää pienempi valotusaika” (villevaavu.org).

Kohinaa kannattaa tukia silmämääräisesti ennen kameran hankkimista. Kameroiden puolueettomia testikuvia ja sivustoja on helppo löytää julkisilta verkkosivuilta, joissa on otettu sama kuva samoilla ISO arvoilla samasta kohteista vähässä valotuksessa. Kohinaan yleensä auttaa vain suurempi kennon koko. Jos pieni kamera pystyy poistamaan kohinaa suurilla yli ISO 400 arvoilla, on yleensä

kyse siitä, että kamera editoi kuvaa sen tallennusvaiheessa. Ammattivalokuvaajat kuten lehtikuvaajat tallentavatkin kuvat yleensä raakamuodossa ilman kameran omaa tallennuseditointia, koska tällöin kaikki informaation kuvasta on tallessa. Tietoni pohjautuvat asiakas lehtikuvaajien kertomiin tietoihin työympäristössäni. Editoinaton kuva kamerassa on kooltaan melko suuri.

Kohinaa voidaan vähentää kuvankäsittelyohjelmilla jälkikäteen tai lisäämällä kuvaustilanteessa valo, jos kameran ISO arvoa ei haluta kasvattaa hämärissä kuvauskohteissa. Yleensä kohinaa ei kuvaan tule jos kuvassa käytetään salamavaloa mutta toisaalta salamavalon tekee panoraamakuvien muokkaamisen hankalaksi erilaisten heijastavien pintojen vuoksi. Oman testaukseni mukaan pieni kohina kuvassa on pienempi haitta kuin salamavalon käyttäminen kun tehdään panoraamakuvia.

4.2 Kameroiden automaatiikka

Digitaalisissa kameralaitteissa kuvan valotusaika, optisen sulkimen koko, tarkennus ja ISO eli herkkyyasetuksien asettaminen on asetettavissa automaattiseksi. Automaattiset kuvausasetukset on optimoitu kameraan mahdollisemman realistisen kuvan saamiseksi riippumatta tilanteesta. Kuvaustilanteissa pienillä taskukameroissa ja kännykkäkameroissa käytössä ovat automaattiset asetukset. Suurin osa kuvaakin näillä asetuksilla, koska ne ovat oletuksena päällä jos asetusvalikkoja ei mennä muokkaamaan. Kaikissa kameroissa automaattisten asetuksien pois saaminen ei ole lainkaan mahdollista. Käytössäni olleilla pienillä taskukameroilla automaattisia asetuksia sai osittain pois. Näen automaattisten asetusten käytön käytännön tilanteissa hyvin tarpeelliseksi, koska kaikki eivät halua säätää kameraa useita minuutteja hyvän kuvan saamiseksi ja usein kuva tulee saada otettua nopeasti. Kaikissa näkemissäni kameroista on löytynyt automaattiset kuvasasetukset erilaisille kuvaustilanteille, joista on myös apua nopeaan kuvan ottamiseen. Automaattisia kuvausasetuksia eri tilanteisiin on tehty mm. yökuvaamiseen, sisä- ja ulkotilakuvaamiseen ilman salamavalon ja salamavalon kanssa.

Panoraamakuvauksessa käytännön tilanteissa, mitä nopeammin kuvat otetaan, sitä yhtenäisempi kuva niistä saadaan koottua. Tilanne voi tulla kuvattavassa kohteessa, jossa on ympärillä liikkuvia ihmisiä. Kuvissa yksittäisen henkilön liikkeesta toiseen paikkaa ottaessa seuraavaa kuvaa, johon henkilöä myös tallentuu. Sama ihminen saattaa löytyä tällöin useamman kerran useasta erillisestä kuvasta. Mitä nopeammin kuvat otetaan, sitä vähemmän on todennäköistä että kuviin tulee samoja ihmisiä.

Automaattisten asetusten käytössä on kuitenkin riski panoraamakuvauksen kannalta. Yleensä valon määrä ei ole sama jokaisessa kuvassa, joten kameras automaattisuus hakee eri valotusajan ja optisen sulkimen koon eri tavoin eri kuvaan. Näin eri kuvasta tulee eri sävyinen tai värit ovat tummemmat tai vaaleammat, kuin edellisessä otetussa kuvassa. Automaattiset asetukset eivät tiedä mikä lopputulos kuvasta tulee vaan yrittää aina optimoidaan tilanteeseen kuvassa olevan kirkkauden mukaan, välittämättä kuvan käyttötarkoituksesta.

Automaattisten asetusten pahin ongelman lähde on yleensä ulkona kuvauksessa aurinko tai muut kirkkaat valonlähteet. Kirkkaat pisteet kuvassa asettavat automaattiset kuvaus asetukset yleensä niin, että valo ei valottaisi kuvaa täysin valkoiseksi. Automatiikka lyhentää itse valotusaikaa ja pienentää optisensulkimen kokoa. Tällöin valon ympärillä olevat vähemmän kirkkaammat kuvan osat ovat pimeitä, kuten kuvassa 4 havainnoidaan.

Käyttämieni kameralaitteiden automatiikka aktivoituu kun kameras kuvanottolaukaisin painetaan puoliväliin. Automaattiasetukset määrittyvät kameras kuvausasennoista, joita saattaa olla määriteltynä valmiiksi kameralle. Useille kameroille onkin valmiiksi koottu ryhmä erilaisia automaattikäyttöasetuksia, jotka ovat kätevä apuväline aloittelevalla kuvaajalla.

4.3 Kuvan tarkentaminen

Kuvaa otettaessa on aina ensin valittava tarkennuspiste mistä kohtaa kuva halutaan tarkennus. Jos kuvan kohde ei näy tarkkana, on tämä tarkennettava kameralle. Tarkennettava kohdepiste muuttuu kohteen etäisyyden mukaan, samoin kuin ihmisen silmä. Jos katsomme lähietäisyydeltä sormenpäästä, näemme sormen pään ihohuokokset tarkasti, mutta samaan aikaan emme pysty näkemään kaukana olevia kohteita tarkasti. Silmämmeekin tarkentaa aina pisteen etäisyyden mukaan.

Kameroiden automaattisen tarkennuspisteen alueen kokoa voidaan muuttaa kameras asetuksista. Normaalisti tarkennuspiste on oletuksena kameras näkökentän keskiosassa noin 1/10 osan kokoisella alueella. Tarkennuspisteen koon pienentäminen tai suurentaminen on joskus tarpeen. Tarkennuspisteen asettaminen johonkin oletuskohtaan on tärkeä huomioitava seikka myös panoraamakuvauksessa. Usein tarkennuspiste olisi hyvä lukita johonkin kohtaan, jolla kaikki panoraamakuvan kuvat otetaan. Tällöin kuvien välille ei tule tarkkuuseroja. Tarkkuuspiste kannattaa lukita etenkin panoraamakuvassa, jossa etäisyydet ovat pieniä.

Tarkennuspisteen käyttöä ei tarvita, jos tarkennus halutaan tehdä manuaalisesti. Kameran asetuksissa tai kameralaitteesta löytyessä valintapainike AF/MF. Asetusvalinta tulee englanninkielensanoista automatic- ja manual focus. Tällä vaihdetaan kameran tarkennus manuaalisen- ja automaattisen tarkennuksen väliltä.

Nopeimmin tarkennuspisteen saa lukittua asettamalla kamera ensin automaattiseksi tarkennukseksi. Sitten valitaan piste, josta halutaan ottaa tarkennus tulevaan panoraamakuvaan. Tähdätään tarkennuspisteeseen ja painetaan kameran laukaisinta puoliväliin. Näin kamera asettaa kohteelle sopivan tarkkuuden. Kun tarkkuus on valittu, asetetaan tarkkuusasetus manuaaliseksi. Nyt tarkkuuspiste ei enää muutu vaikka kuvauskohteen tarkkuuspisteen etäisyys muuttuu. Jos asetusta ei tehtäisi, kameran laukaisupainiketta painaltaessa automaattisella tarkennuksella, automaattinen tarkennus muuttaa tarkennusarvoa hivenen painallettaessa kameran laukaisinta.

4.4 Polttopiste ja polttoväli

Panoraamakuvausten yhteydessä esiin tulee sana polttoväli ja polttopiste. Polttopiste sijaitsee kameran objektissa, jossa kuvan tallentaminen tapahtuu. Polttopiste on tarkka sijainti mikä on pidettävä paikallaan kun panoraamakuvaa otetaan, eli polttopiste tulisi olla aina samassa pisteessä kun kameraa käännetään seuraavan kuvan ottamiseksi panoraamakuvaustilanteessa.

Polttoväli taas tulee kun polttopisteen ja uloimman linssin välimatka mitataan. Tämä väli muuttuu esimerkiksi kun kameralla käytetään zoomaus eli tarkennustoimintoa. Mitä etäisempi polttoväli on polttopisteen ja uloimman linssin välillä, sitä kapeampi alue kuvaan saadaan. Vastaavasti mitä lyhyempi polttopisteen ja uloimman linssin väli on, sitä laajempi alue saadaan kuvaan mahtumaan.

Panoraamakuvauksessa on aina etu, mitä suurempi näkökenttä saadaan yhteen kuvaan, sitä vähemmän kuvia tarvitaan, sanoin kuvien ottaminen vaatii vähemmän editointivaivaa ja kuvien ottamiseen käytettyä aikaa. Järjestelmäkameroissa, joissa on mahdollista vaihtaa kameran kuvauspäätä sopivammaksi panoraamakuvaukseen. Kamerassa kuvauspään ollessa lyhyt ja leveä, voidaan tällöin kaapata lyhyen polttovälin laajoja valokuvia. Opinnäytetyöni kuitenkin rajoittuu perus taskukameroiden ja puolijärjestelmäkameroiden panoraamakuvaukseen, joissa ei ole mahdollista vaihtaa kameran kuvauspäätä.

4.5 Kuvausteline panoraamakäyttöön

Valokuvien vaakasuorassa pitämisen avuksi löytyy jalustoja ja jalustan päitä. Jalustalla valokuvaa otettaessa voidaan tarkastaa onko valokuva suorassa linjassa 90 asteen kulmassa maahan nähden. Jalustoista löytyy pieni ilmakupla apuväline jalustan säätämiseen suoraksi. Se on kuin pieni vatupassi tarkastamaan että kameran kuvauspää on suorassa kun ilmakupla on näkyvän asteikon keskiosassa. Ilmakuplalla nähdään maan magneettikentän avulla, onko kappale suorassa maan keskipisteeseen kohti.



KUVA 8. Kolmijalan ilmakuplalla voidaan tarkastaa onko kamera suorassa. Valokuva Dan Hietasalo 2012

Panoraamakuvauksen työkaluna jalusta on hyödyllisimpiä apuvälineitä saada onnistunut 360° asteinen valokuva. Kun otettuja kuvia käytetään panoraamakuvan muodostamiseen, jalustaa käytettäessä päästään myös helpommin parempaan lopputulokseen valokuvissa, jotta valokuvia ei tarvitse käsitellä paljon enää jälkikäteen. Panoraamakuvauksessa jalustaa tarvitaan kameran polttopisteen pitämiseksi paikallaan ja mahdollisesti usean kuvan saamiseksi suoraan linjaan. Kun kuvat saadaan otettua mahdollisemman samalta linjalta, näin lopullisesta kuvasta joudutaan poistamaan mahdollisemman vähän kuvaa, kun lopullinen valokuva rajataan neliöksi.

Kolmijalan toinen tärkeä ominaisuus on estää kameran tärähdyksiä kuvauksen aikana. Käsivaralla kuvaa ottaessa ollessa hämärää, on kuvaajan pidennettävä kuvan ottamisen valotusaikaa. Käytännön kokemuksesta yli 0,75 sekunnin valotusaika on lähes mahdoton pitää täysin paikallaan ihmisen käsissä. Pienikin tärähdys tuona aikana tekee kuvasta epätarkan ja epäonnistuneen, jota ei välttämättä huomaa vasta kun kuvan on saanut suuremmalle näytölle tarkasteltavaksi. Panoraamakuvauksessa yleensä yksittäistä kuvaa ei voida uudelleen ottaa myöhemmin, koska esimerkiksi aurinko on vaihtaa jo paikkaa, jolloin varjot eivät ole yhteensopivia muiden aikaisemmin otettujen kuvien kanssa. Myös taivaan värit muuttuvat auringon korkeuden mukaan joka muuttaa kuvien valotusaikaa, joten myöhemmin otettu kuva ei enää sovi yhteen vanhojen kuvien kanssa. Tärähdysmahdollisuus myös käsivaralla ottaessa kasvaa kun kuvia otetaan zoomattuna, eli pitkällä polttovälillä kuvatessa. Käytännössä aina tarkennetut kaukaa otetut kuvat olisi hyvä ottaa kameraa johonkin tukien.

Edellisestä kuvasta näemme myös, että kamerajalan päässä on kiinnityspaikka kameroille. Peruskameroista löytyy pohjasta kolo, johonka kameran voi kiinnittää. Kolo on asetettu samaan kohtaan missä on kameran polttopiste. Näin polttopiste pysyy aina paikallaan vaikka kameraa käännetään jalustan päällä.

Olen myös löytänyt ongelman vaikka kamera on kiinni kolmijalassa tai tuettuna. Kuvaa otettaessa joudutaan kamerasta painamaan laukaisupainike. Painikkeen painallus aiheuttaa pienen heilahduksen kameralla. Tähän ratkaisuna löytyy järjestelmäkameroille kaukolaukaisin, mutta entäpä normaalit digitaalikamerat joihin ei ole tällaista lisälaitetta tarjolla? Kameroista löytyy toiminto viivästyttää kuvan ottamista kameran laukaisupainikkeen painalluksen jälkeen. Yleensä viive on valittavissa 2 sekuntia tai 10 sekuntia. Käytänkin usein hämärässä kolmijalalla kuvatessa 2 sekunnin viivettä kamerassa, jotta painalluksen aiheuttama heilahdus ei tapahdu juuri kuvaa ottaessa.

4.6 Panoraamakuvauksen apuväline kalansilmäobjekti

Suuremmissa järjestelmäkameroissa kameran linssipää eli objekti on vaihdettavissa oleva osa. Panoraamakuvauksessa merkittävästi helpottava objekti on kalansilmäobjekti. Objektin pää on kaareva ja näkökenttä ihmisen silmän näkökenttää suurempi.

Kalansilmäobjektilla saadaan suuri kuvapinta-ala kerralla, mikä on suuri etu täydellisen panoraamakuvan tekemisessä. Kalansilmäobjektissa polttoväli on lyhyt, jolloin näkökenttä on laaja. Objek-

tilla saadaan varsin helposti ja nopeasti kuvattua noin kahdeksalla kuvalla täydellinen ympäristön 360 asteen kuva pysty- ja vaakasuunnassa. Kahdeksan kuvaa riittää hyvin, vaikka kuvissa olisikin neljännesosa toistensa päällä. Kuvaus onnistuu suhteellisen helposti käsivaralla, koska mitä enemmän kuvauspinta-alaa on, sitä enemmän valoa saadaan kerättyä kuvasta nopeammin.



KUVA 9. Kalansilmäkuva raketinlaukauksesta pitkällä valotusajalla revontulien aikaan. Valokuva Donald Hampton 2012.

Kuvassa näkyy hyvin, kuinka koko taivas mahtuu kalansilmäkameran linssiin yhdellä kuvalla. Lisäksi kuvaa on otettu pidemmällä valotusajalla, jotta revontulet on saatu pimeältä taivaalta mukaan

kuvaan. Kuvassa lentävä raketti on liikkunut kuvan ottamisen aikana perässä näkyvän valojuovan mittaisen matkan.

Tällaista objektia voi käyttää hyvin pimeässä ottamaan pitkään kuvaa koko taivaasta pimeässä, jos halutaan yrittää kaapata tähdenlento pimeältä taivaalta. Kuvaa ei voida ottaa käsivaralla, vaan laite tulee olla kiinnitettynä paikoilleen, jotta kamera ei värähdä kuva ottaessa. Keskinkertaisissa järjestelmäkameroissa kuvaa voidaan ottaa maksimissaan kahden minuutin ajan. Kuva täytyy vain aloittaa pimeästä taivaasta, ja jos kuvan pitkän ottamisajan aikana tähti lentää taivaan kaaren poikki, tämän lentorata tallentuu kameran kuvaan. Tässä kuvauksessa on erittäin tärkeää, että kuvassa ei ole muita kirkkaita pisteitä, jotka voisivat valottaa kuvan puhki täysin valkoiseksi, jotta kuva ei ylivaltu.

4.7 Kaukolaukaisin

Panoraamakuvaukseen löytyy hyödyllinen kameroiden lisälaite, kaukolaukaisin. Nimensä mukaisesti laitteella otetaan kuva käyttäen kameraa etäältä koskematta kameraan. Esimerkiksi luontokuvaajille laite antaa mahdollisuuden jättää kamera paikkaan, josta muuten ihminen ei pääsisi eläimen lähelle kuvaamaan. Panoraamakuvaaajalle etu löytyy kameran käytön nopeuttamiseksi usean kuvan ottamisessa. Itselläni laitteelle olisi ollut usein tarvetta etenkin kun kameran ympärillä ei ole tilaa kuvaajalle, eli huonoissa asennoissa kuvatessa. Napa-panoraamakuvauksessa opinnäytetyötä tehdessä huomasin pikkuplaneettakuvia tehdessä, että kameran tulee olla mahdollisemman lähellä maata. Täydellistä $360^{\circ} \times 180^{\circ}$ asteista panoraamakuvaa vaativa kuvaus, joka vaatii noin 60 valokuvaa normaalilla kameralla on hankala ottaa maassa makaamalla ulkona. Kaukolaukaisin on myös ratkaisu kameran tärähdyksiin. Aina kun kuvaaja käyttää kameran omaa kuvauslaukaisinta kamerasta, laite tärähtää. Pieni tärähdys tai kolmijalanpäällä kameran asennon muutos huonontaa lopullisen panoraamakuvan lopputulosta, jos kamera on vaihtanut millinkään paikkaa kuvien ottamisen välillä. Opinnäytetyötä tehneenä suosittelen jo tarkastamaan kameraa hankkiessa, että kaukolaukaisimen voi kameraan hankkia tarvittaessa myöhemmin.

4.8 Valokuvauslaitteet panoraamakuvauksikäytössä

Panoraamakuvauksen kameralaitteet ovat kehittyneet tätä opinnäytetyötä tehdessä jo erittäin paljon. Vaikuttaa siltä, että panoraamakuviin on tullut erilaista ohjelmisto älykkyyttä eri laitevalmistajien kesken. Panoraamakuvauksensovellukset kameramalleittain vaihtelevat ja näiden opastamat kuva-

ustavat vaihtelevat. Jokaisella kameralla voidaan, kuitenkin panoraamakuva tehdä käyttämällä kameran perus kuvausasetusta.

4.8.1 Panoraamakuvaus DV-kameralla

Työssäni testasin dv-kameraa eli digitaalisen videokameran panoraamaominaisuutta, jossa oli valmis pyyhkäisytekniikalla tehtävä panoraamakuvaus. Kyseisellä kameralla siis panoraamakuva muodostetaan videokuvauksella, eikä perinteisellä yksittäisten kuvien yhdistämistekniikalla. Testattu digitaalivideokamera on malli Panasonic HX-WA2. Laite on suunniteltu helppokäyttöiseen matkailukäyttöön kuljetettavaksi pienessä tilassa sekä vedenalaiseen kuvaukseen.

Laitteella voidaan ottaa yksittäisiä valokuvia maksimissaan 14 mega pik tarkkuudella, tai Full HD merkinnällä eli 1080p tarkkuuden videokuvaa. Laite ohjaa käyttäjää siitä minne kameraa tulee liikuttaa kun halutaan pysty tai vaakasuuntainen 180 tai 360 asteen valokuva aikaiseksi.

4.8.2 Panoraamakuvan ottaminen älypuhelimella

Käytössäni olevaan Android 2.2 version älypuhelimeen on ladattavissa panoraamasovellus, jonka huomasin varsin käteväksi panoraamakuvaustyökalu kännykkään. Sovelluksen nimi on Photaf Panorama, sovellus löytyy Android puhelinten Play Storesta ilmaiseksi ladattavana. Photafsovellus opastaa kuvaajaa minne hänen tulee seuraavaksi tähdätä. Ohjelma asettaa kuvausasetukset automaattisesti sopivaksi ja kertoo milloin kameraa on pidettävä paikallaan. Sovellus myös sovittaa kuvausasetukset yhteen edellisen kuvan kanssa jo ennen kuvan ottamista. Puhelin myös tunnistaa onko laite suorassa, koska useammissa älypuhelimissa on puhelimen asennon tunnistava laite sisäänrakennettuna. Ohjelman älykkyys kuitenkin vielä versiossa 3.0.2 rajoittuu vain vaakasuuntaisiin tai pystysuuntaisiin panoraamakuviin. Täydellistä ympäristön panoraamakuvaa kuvaa ohjelma ei osaa rakentaa.

5 PANORAMAKUVIEN KUVAAMISEN MUISTISÄÄNNÖT

Ennen siirtymistä laajemman panoraamakuvan ottamiseen, laadin muistilistan kuvaustilanteessa huomioitavista seikoista.

5.1 Kuvien ottamisen perussäännöt panoraamakäyttöön

1. Kuvien tulisi olla ainakin 25 % toistensa päällä reunoilta, jotta kuvien liitäntäpisteiden pinta-alaa on tarpeeksi kuvien liittämiseen.
2. Vältä kuvien saumojen kohdille tulevia liikkuvia kohteita, jotta mahdolliset selkeät yhtenäiset objektit saataisiin yhteen kuvaan.
3. Polttopisteen on oltava paikoillaan jokaista yksittäistä kuvaa ottaessa, jotta kuvat voidaan liittää yhteen ilman muokkausta.
4. Pidä valotus- ja optisen aukon koko samana aina samanlaista pintaa kuvatessa, jotta kuvan sävy pysyy samana kaikissa yhdistettävissä kuvissa.
5. Ota useampia kuvia samasta kohteesta, mikäli olet epävarma kuvien laadusta tai epäilet kuvan tärähtäneen.

5.2 Kolmijalan käytössä huomioitavat seikat

Ennen kuin ensimmäistäkään kuvaa on otettu, tulee kameran jalusta olla asetettuna paikoilleen valittuun kuvauskohteeseen. Varmista kuvaustelineen pysyminen paikallaan ennen kameran suoraan asettamista. Kolmijalkojen asettaminen mahdollisemman pienelle välille toisistaan edesauttaa, jotta kameran jalat eivät tule näkyviin kuvaan, kun panoraamakuvan maaosan kuvia otetaan.

5.3 Kameran asetukset panoraamakuvaamiseen

1. Valitse kameralla tähtäämällä kaukaisimpaan pisteeseen tarkentamalla automaattitarkennuksella painamalla laukaisin puoliväliin tähdätessä kohteeseen. Aseta kamera manuaaliseen tarkennukseen, jotta tarkkuuspiste ei enää muutu.
2. Valotusasetuksien asettamiseksi ota ensin alueen pimeimmästä kohdasta tarkennuspiste automaattiasetuksilla, jotta kamera asettaa näkyviin kuvausajan ja sulkuaukon koon sopivaksi pimeimmän kuvan valoisaksi saamiseksi. Muista asetus tai aseta nämä arvot manuaalisesti kameralle valmiiksi ja ota automaattiset asetukset tai kuvausasennot pois päältä.

5.3.1 Kuvausjärjestys

Kuvia ei ole välttämättä otettava loogisessa järjestyksessä siirtäen kameraa aina pykälän eteenpäin niin että edellisestä kuvasta jää 25 % palanen päällekkäisyys seuraavaan kuvaan, jotta kuvien yhdistäminen onnistuu. Kuvanliittämisohjelma löytää yhteen asetettavat kuvat suurimalta osin. Opinnäytetyössä käytetään kapean näkökenttä 4:3 kuvasuhteella, tulee kuvia ottaessa olla tarkempi että jokainen kohta täydelliseen panoraamakuvaan on tallennettu. Tällöin looginen kuvausjärjestys voi olla helpompi muistaa, jotta välistä ei jäisi kuvaamattomia kohtia. Järkevimmäksi kuvaustavaksi katson kieltää kameralla 360 astetta kerrallaan ja sitten nostamalla kameran ylemmälle talolle kiertäen aina uuden 360 asetetta kunnes vain suoraan ylöspäin taivas ja jalustan alta maa on kuvaamatta.

5.3.2 Ohjelmistojen huomioitavia vaatimuksia

Vaativuustaso kuvienyhdistämisohjelmien panoraamakäyttöön voi vaihdella. Jos liittämisohjelmana käytetään Photomerge Adobe Photoshop CS5, sovellus ohjeistus toivoo 40 % päällekkäisyyttä kuvien välillä. Photomerge ohjelma ei myöskään pysty yhdistämään kuvia, jos eri kuvissa on käytetty erilaisia polttovälejä tai zoomausta.

Opinnäytetyössäni testasin useampia kuvien yhdistämistyökaluja, joista hyödyllisimmäksi katsoin PtGui sovelluksen havainnollistaakseni kuvien yhteen liitännävaiheen. Sovelluksella voidaan kiertää itse korjaten se mitä kuvien yhdistämisen automatiikka ei voi tehdä. Useimpien yhdistämistyökalujen puute olikin, että jos työkalu ei osannut yhdistämistä tehdä automaattisesti, se oli sitten tehtävä täysin käsin alusta alkaen. PtGui ohjelmalla voidaan ensin testata, kuinka automaattinen yhdistäminen onnistuu yhdistämään kuvat ja jatkaa mahdolliset yhdistämisessä tapahtuneet korjausta korjausvirheet käsin. Näin kuvaaja ei ole pakotettu ottamaan kuvia sovelluksia varten huomioiden liiaksi yhdistämistyökalun vaatimuksia vastaaviksi.

6 Ohjelmistotyökalut

Panoraamakuvien ottamisen jälkeen lähdetään muokkaamaan saatuja kuvia. Ensimmäinen työvaihe on kuvien yhdistäminen kuvan käyttötarkoitukseen, tämä on huomioitava jo kuvia ottaessa. Toisena vaiheena on etsittävä mahdolliset sopivat päällekkäisyydet kuvien välillä, missä kuvien rajat kulkevat ja mitä osia jätetään pois kuvista yhdistämisvaiheessa. Kunnes yhdistäminen on saatu tehtyä saattaa panoraamakuvassa olla vielä virheitä etenkin kuvien rajojen välillä. Näiden korjaukseen tarvitaan muokkausohjelmistotyökaluja.

Työkalujen esittelemiseen olen varannut kolme valokuvaa. Kuvien kuvaustilanne on ollut hyvin käytännönläheinen. Yksittäisten kuvien ottamista panoraamakäyttöön ei ole huomioitu esimerkiksi kuvissani kaikilta panoraamakuvauksen ohjeiden osilta, joten kuvissa olisi tällöin mahdollisemman paljon korjattavaa. Kuvat on otettu käsivaralla ilman komijalkaa ja kamerassa on ollut päällä automaattiasetukset ulkona kuvaamiseen. Kuvien ottamista ei ole suunniteltu ennen ottamista ja kuvaus on tehty alle 30 sekunnissa automaatti- tarkennuksella ja valottamisella. Kuvassa on liikkuvia kohteita, joka ovat vaihtaa paikkaa ennen seuraavan kuvan saamista. Näin saamme realistisen käsityksen todellisesta panoraamakuvan muodostamisesta ja käytännön haasteista. Tarkastelen seuraavissa kappaleissa kuinka hyvin voimme koota kuvat yhteen panoraamakuvaksi.

Kolmen kaapatun kuvan kuvausasetukset ovat olleet seuraavat: Vasemmanpuoleinen kuva kameran optisen sulkimen koko F/7.1, valotusaika 1/500 sekuntia. Keskimmäinen kuva kameran optisen sulkimen koko F/5.6, valotusaika 1/320 sekuntia. Oikeanpuoleinen optisen kuva sulkimen koko F/5.6, valotusaika 1/400. Kuvat on otettu 4:3 kuvasuhteella vaakasuunnassa.

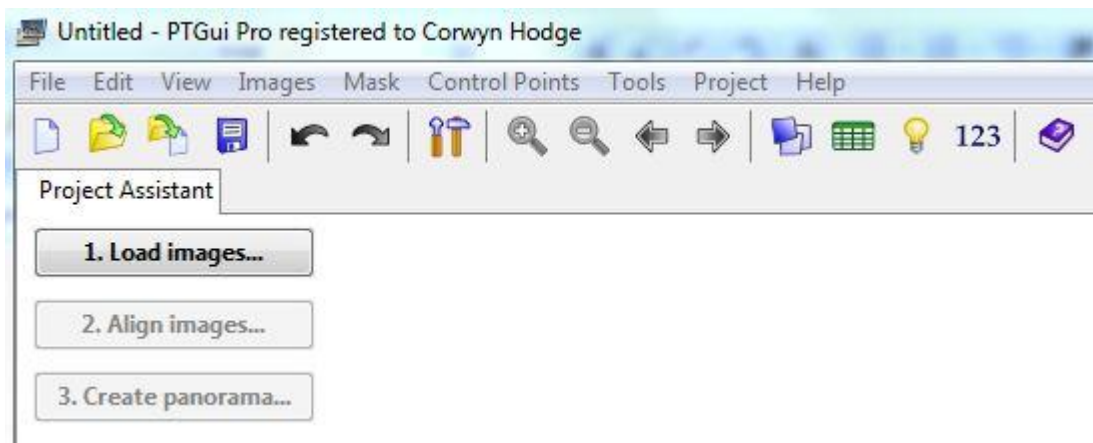
6.1 Kuvien yhdistäminen

Panoraamavalokuvien tekijöille on muodostama uusi sana suomenkieleen stitsaus tarkoittaa valokuvien yhdistämistä toisiinsa. Sana tulee englanninkielestä sanasta stitch, joka tarkoittaa ommella, pistää, parsia, ommel ja tikki. Sanaa stitsaus ei löytynyt vielä 23.9.2012 suomenkielen sanakirjasta. Sanaan löytyi 1.12.2012 sanakirjan asettamia viittaavia sanoja, jotka liittyvät hitsaamiseen (Suomi Sanakirja, 2012).

Stitsauseen sopivaksi työkaluohjelmaksi olen valinnut panoraamakuvien muodostamiseen tarkoitettua ohjelman PTGui Pro versio 9.0. Ohjelman käyttö kannattaa käydä läpi kirjoittamassani järjestyksessä, koska yhden vaiheen hyppääminen voi aiheuttaa ohjelmassa paljon hukkaan heitettyä

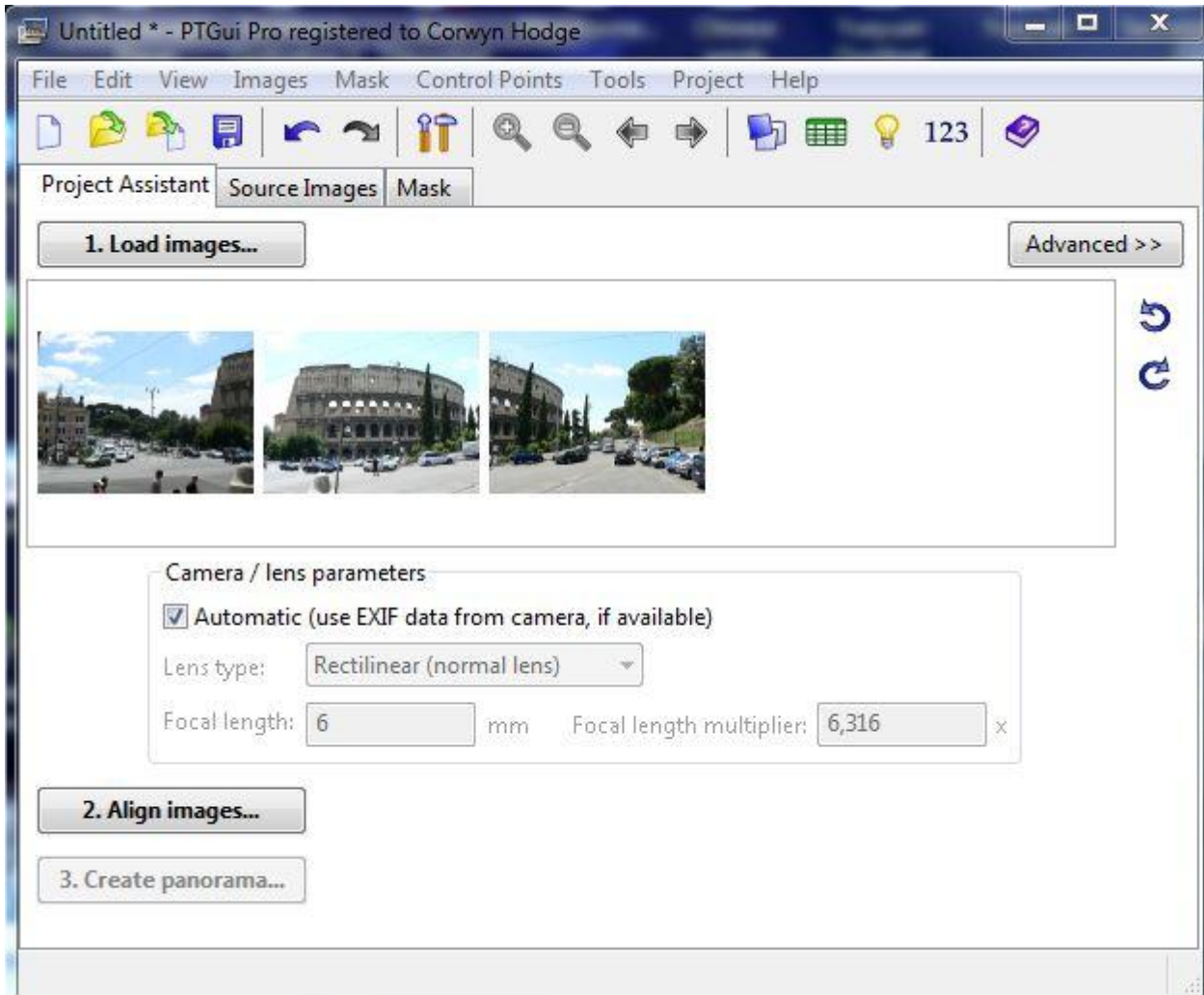
kuvan muodostamisaikaa. Panoraamakuvan tuottamiseen tarvitaan pitkäjänteisyyttä ja tarkkuutta, riippuen siitä kuinka hyvään lopputulokseen halutaan päästä.

Ohjelmaan tulee ladata aluksi kuvat jotka halutaan yhdistää. Toiminto kuvan mukaisesti ”1. Load Images” (kuva 10).



KUVA 10. Kuvien lataaminen yhdistämisohjelmaan

Kuvat voidaan syöttää sekalaisessa järjestyksessä PtGui sovellukseen. Kuvien yhdistämissovellus ottaa vastaan kuvat sen nimen tai kuvan muodostamisajan mukaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei ohjelma osaisi järjestää kuvia itse oikeaan järjestykseen kun kuvat liimataan toisiinsa.



KUVA 11. Kuvien järjestely

PtGui ohjelma lähtee omatoimisesti järjestämään kuvat oikeaan järjestykseen. Ohjelmalle ei ole merkitystä, missä järjestyksessä kuvat on otettu kameralla, tallennettuna työasemaan tai missä järjestyksessä kuvat on ladattu ohjelmaan. Varsinainen kuvien yhdistäminen ja järjesteleminen tapahtuu ohjelman vaiheessa 2. Aling images toiminnolla.

6.1.1 Kuvien yhdistäminen

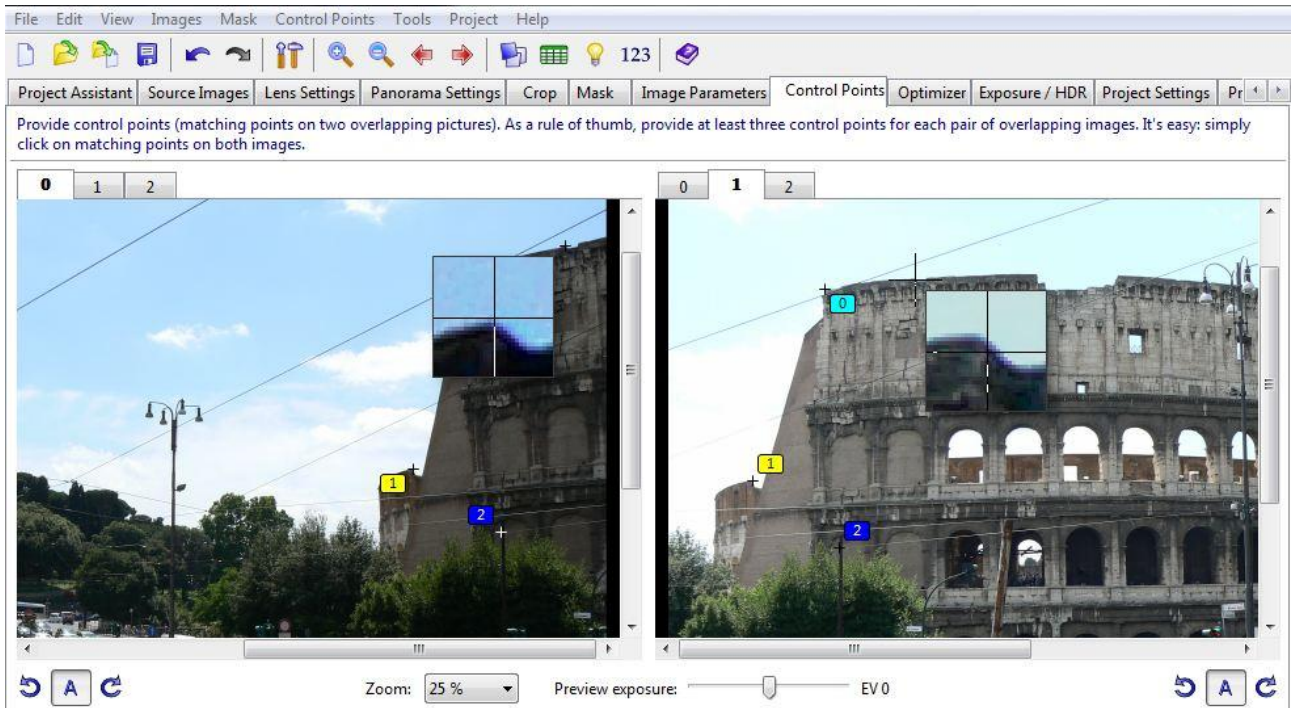
Kuvien yhdistämistoimintoa käyttäessä on mahdollisuus yrittää ohjelman asettaa automaattisesti kuvien yhdistämisen asetukset, kuten yhdistämispisteiden valinta ja kuvien rajaukset. Käyttäessä usein kuvien liittämisvaiheessa ohjelman omalla automatiikalla useamman käyttökerralla samoista kuvista, ohjelma ei liittänyt kuvia yhteen samalla tavalla. Yhdistäminen esimerkkikuvia käyttäen lopputulos oli aina hieman erilainen.

Ohjelma kerää ja etsii satunnaisesti kuvapisteitä vertaamalla kahta valokuvaa kerralla toisiinsa. Vertailemalla kuvien kuvapisteitä se etsii näistä yhtenäisiä kuvapistekokoelmia. Aina automaatti ei tähän pysty onnistuneesti. Ongelma näyttää johtuvan kuvien värimaailman erilaisuuksista tai kuvien tarkkuuksien eroavaisuuksista. Kun kuvia tutkitaan kuvapiste kerrallaan lähietäisyydellä, tällöin huomaa erittäin selkeästi jos eri kuvaa otettaessa on käytetty kamerassa erilaisia kuvausasetuksia. Automaatiikan ongelma johtuu kuvaajan kameran asetuksista, kuinka hyvin on huomioitu kuvien panoraamatarkoitus, käyttäen samoja asetuksia kaikkia kuvia ottaessa. Kolme testikuvaamme onkin otettu automaattiasetuksilla, josta löytyy syyllinen ohjelman automatiikan toimimattomuuteen. Kuten jo tiedämme, automaattiasetukset säättävät kuvausasetukset eri tavoin kussakin kuvassa tämän valoisuuden ja tarkennuspisteen mukaan.

Kun automaattinen kuvien liittäminen ei anna hyviä tuloksia, voimme näyttää PTGui ohjelmalle pisteet mistä kohdasta kuvat tulee yhdistää toisiinsa. Kuvien liittäminen itse manuaalisesti näyttääkin olevan parempi vaihtoehto, jos kuvat on otettu kameran automaattiasetuksilla. Suosittelen kuitenkin kokeilemaan ensin automaattista yhdistämistä. Tämä on huomattavasti nopeampi keino tehdä liitokset, kuin itse näyttää ne ohjelmalle. Kun yhdistettäviä on paljon, olisi ajan säästämiseksi hyvä aina kokeilla, jos PTGui yhdistämisen automatiikka pystyisi tekemään työn puolestasi.

Kun olet ladannut kuvat ohjelmaan "Load images..." painikkeella. Löytyy ohjelman oikeasta reunasta painike "Advanced >>". Tämä laajentaa käyttöösi lisää toimintoja, joita ohjelman automatiikka tekisi muuten itse.

Siirtymällä välilehdelle "Control points", löytyy PTGui ohjelman yhdistämispisteiden työkalu. Välilehdellä ohjelma näyttää kahta kuvaa kerrallaan, joista kumpaankin voidaan asettaa numeroituja yhdistämispisteitä. Jotta kuvat voidaan yhdistää toisiinsa, on kumpaankin yhteen liitettävään kuvaan merkitsemällä vähintään kolme pistettä näyttääkseen ohjelmalle liitospisteet, joista kuvat yhdistetään. Kuvapisteiden merkitseminen itse näkyy kuvassa 12.



KUVIO 12. Kuvien yhdistämispisteiden merkintä ilman automaattista yhdistämistyökalua.

Kummallekin kuvalle voi antaa aina yhden yhdistämispisteen kerralla. Jos yhteen kuvaan klikkaa kaksi yhdistämispistettä, edellinen merkitty piste katoaa. Ohjelma aina odottaa yhden pisteen merkitsemistä kumpaankin kuvaan ennenkuin seuraavan pisteen voi asettaa. Jokainen merkattu piste numeroituu "Control points" välilehden työkaluun. Kuvapisteitä etsiessä kummastakin kuvasta on hiiren kursorista suurennoskuva, jotta kuvapisteiden merkkkaus osuu mahdollisemman samaan kohtaan. Kuvasta on nähtävissä selkeästi, kuinka suuri tarkkuus- ja värisävyero kuvissa todellisuudessa kun työkalu näyttää suurennettuna kuvista saman kohdan.

Vinkkinä yhteisiä kuvapisteitä etsiessä olisi helpoin tapa etsiä selkeitä rajoja kuvista joista yhdistämispisteet näytetään ohjelmalle. Kuvasta 12 näkee, että olen valinnut kohdistuspisteet helposti erottautuviksi kohteiksi. Objektien vahvat reunat ja nurkat, kuten Colosseumin ulkoreunat ja kulmat.

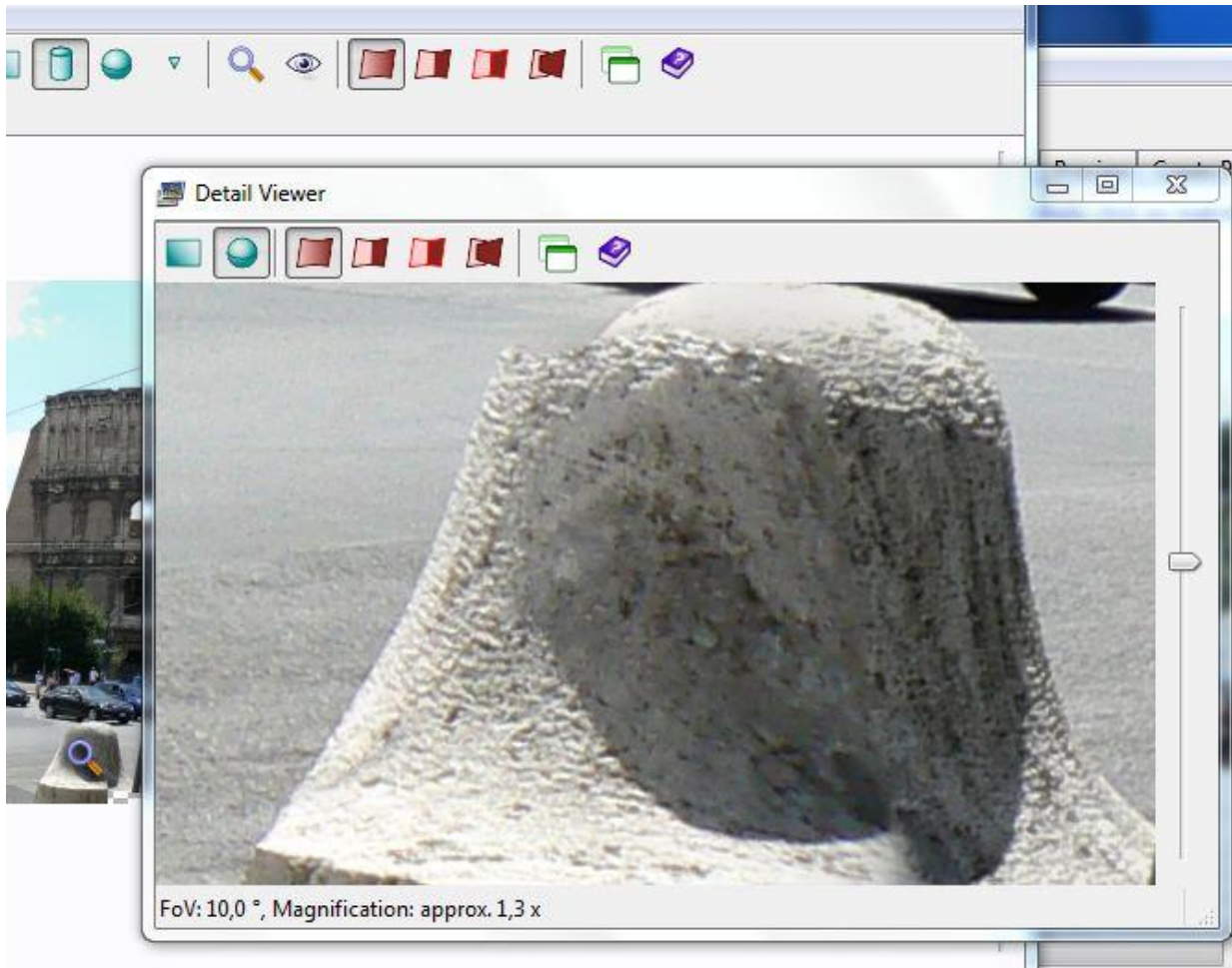
Kun kuvapisteet on merkitty välilehdellä "Control points". On siirryttävä takaisin alkuvälilehdelle "Project Assistant", josta valitaan painike "2. Align images...". Tämä tekee yhdistämiskuvan uuteen ikkunaan, josta voi tarkastaa onko yhdistäminen tapahtunut oikein, jotta kuvien objektit menevät yhteen. Jos kuvat eivät yhdisty edelleenkään oikein silmämääräisesti, voidaan aina palata uudelleen "Control points" välilehdelle lisäämään kuvapisteitä ja tekemään uudelleen yhdistämistoiminto.

Edelleen on mahdollista että osasta kuvaa kuvat ovat yhdistyneet oikein ja osasta kuvaa objektit eivät ole yhtä linjaa viereisen kuvan kanssa. Näin tapahtuu helposti, jos kuvat on otettu käsivaralla. Käsivaralla kuvatessa kameran sijainti ei ole saattanut pysyä paikallaan. ongelmaa ei tule jos kuvatessa olisi käytetty kolmijalkaa tai kamera olisi saatu pysymään samassa pisteessä kaikkien kuvien ottamisen ajaksi.

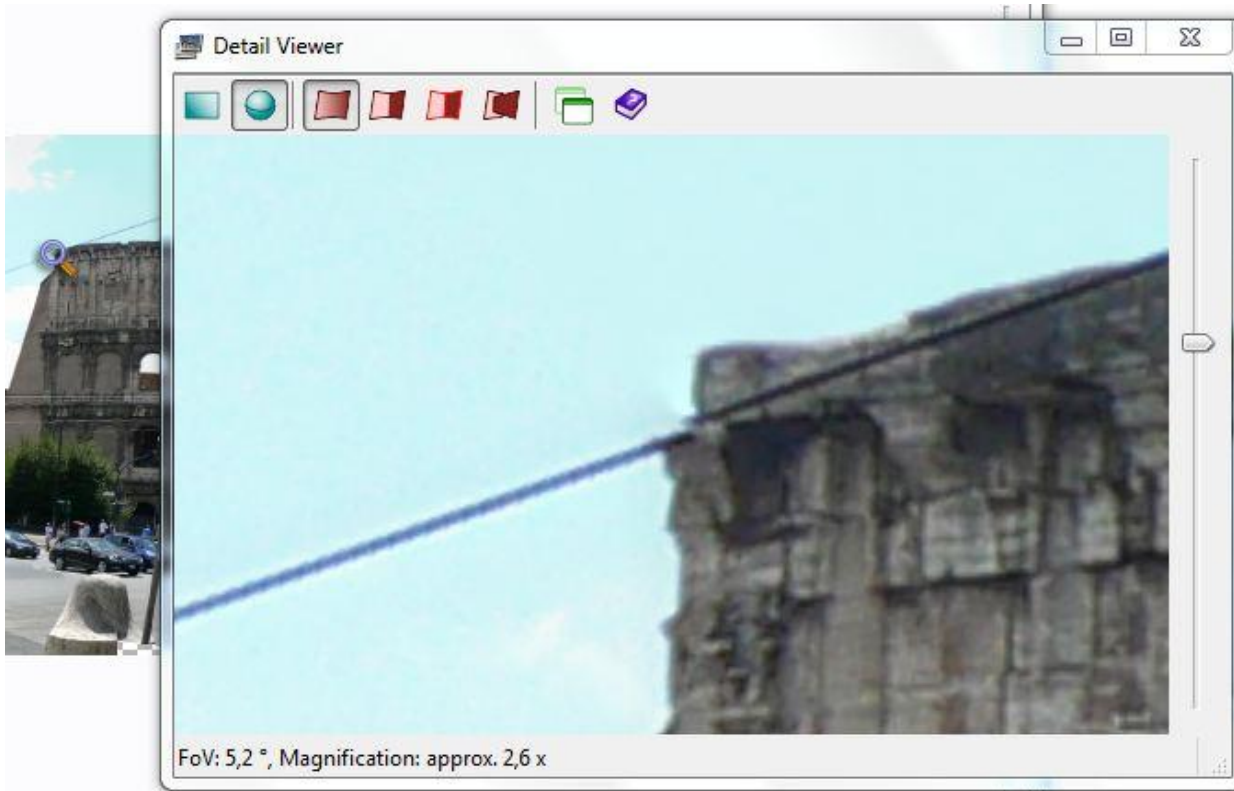
Jos kuvat on jo otettu ja näillä otetuilla kuvailla on pärjättävää jää ainoaksi mahdollisuudeksi liikuttaa kuvia niiden oikeille paikoille silmämääräisesti.

Kuvien liikuttelu PTGui ohjelmalla on siis mahdollista, mutta tämä ei auta ongelmaan, jos kuvat eivät istu täysin yhteen kameran polttopisteen vaihtuneesta paikasta johtuen eri kuvia ottaessa. Tällöin vaihtoehdoksi jää kuvan käsittely eli editoiminen, jota käsitellään tutkielman myöhemmässä vaiheessa Adobe Photoshop 13.0 ohjelmalla. PTGui ohjelmalla joudutaan kuitenkin ensin koottava kuva yhteen mahdollisemman hyvään lopputulokseen.

Havainnollistaakseni virheitä joita yhdistämistoiminnossa tuli on, alla tarkennettu kuva kuvan alaosasta olevasta kivipalkista, josta puolet tulee toisesta kuvasta. Vastaavasti kuvan yläosassa Colosseumin edestä menevät ilmakaapelit kuvan yläosassa eivät ole samassa suhteessa väärässä kohdassa kuvassa kuin kivipalkki.



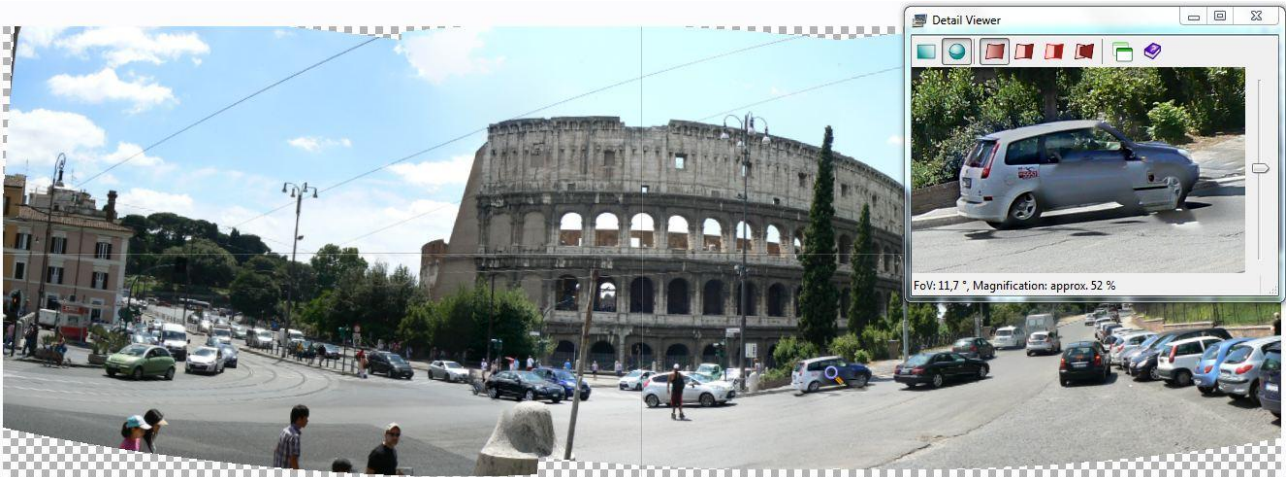
KUVA 13. Colosseum panoraamakuvan korjaamaton palkki kuvien leikkausten välissä.



KUVA 14. Colosseum panoraamakuvan sähkökaapelin korjaamaton kohde.

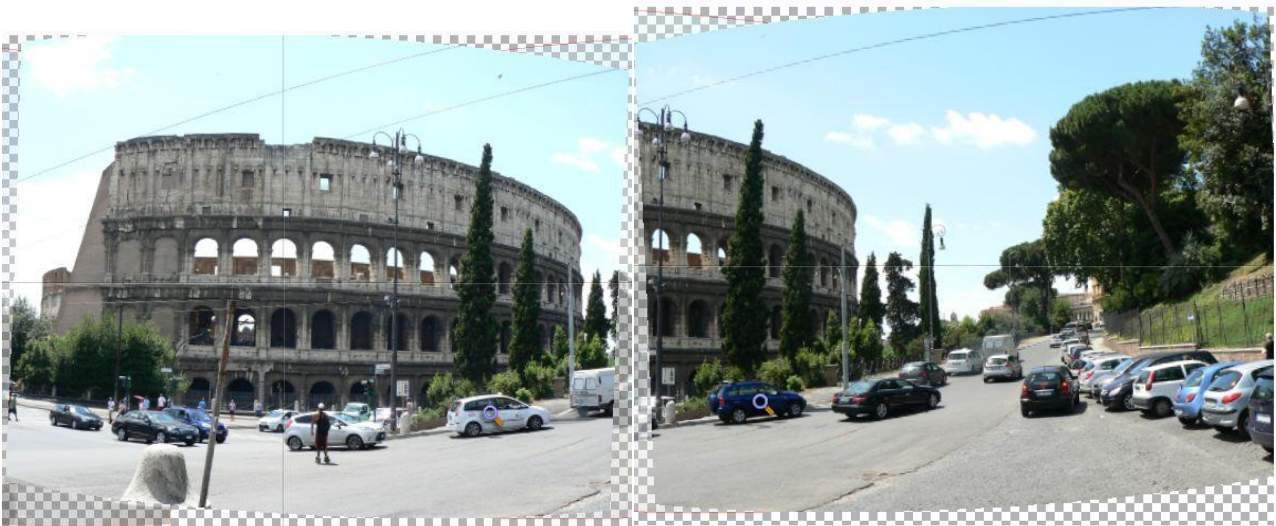
6.1.2 Pällekkäisyys kuvissa

Kun kuvat on liitetty yhteen mahdollisimman hyvällä lopputuloksella, huomataan kuvassa olleet ajoneuvot, jotka ovat jääneet osiksi pois kuvasta kuvien reunojen vuoksi. Kulkuneuvot ovat ehtineet kuvien ottamisen välissä vaihtamaan paikkaa, joten osasta autoja ei ole saatu talteen kuvaan kokonaisina objekteina. Tällaiset puolikkaiden objektien osat on poistettava, jos seuraavasta kuvasta ei paljastu tai löydy puuttuvia paloja. Mitä nopeammin kuvat otetaan, sitä vähemmän kuvan liikuvat osat ehtivät liikkua. Ja mitä enemmän kuvia on lyhyeltä alueelta päällekkäin tallessa, sitä enemmän meillä on muokkaamis- ja korjausmahdollisuuksia valita mitkä ajoneuvot kuvaan voitaisiin jättää.



KUVA 15. Automaatio toiminnolla yhdistetty panoraamakuva

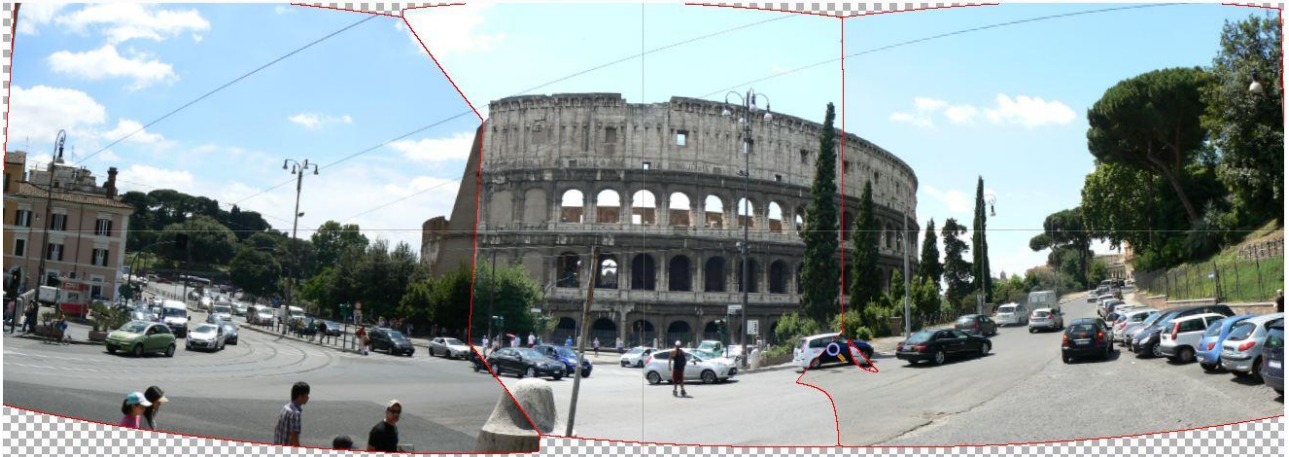
Kuvassa lopputuloksena kolmen kuvan yhdistämisvaihe automaattisella kuvien rajaksella. PTGui ohjelma on yrittänyt välttää osittaisten objektien jäämistä kuvaan, mutta ohjelmat eivät aina ymmärrä, mitkä osat kuvien osista eivät kuulu yhteen. Siksi ensimmäisenä virheenä kuvassa pistää valkoinen auto josta on suurennuslasilla lähentävän kuvan päälle kuvan oikeaan yläreunaan. Auton keula on sininen ja perä valkoinen. Meillä on kuvassa objekti samassa kohdassa kahdesta eri autosta. Otetaan nuo kuva esille vielä kerran erikseen näkymään.



KUVA 16. Kummastakin kuvista löytyy eri auto päällekkäisestä kohdasta.

Kummassakin kuvassa on kokonainen valkoinen ja sininen auto suurennuslasikursorin kohdalla. Voimme siis valita kumman auton laitamme näkyviin yhteiseen panoraamakuvaan. Tässä vaihees-

sa ehkä tarkkasilmäinen on huomannut, että jos otamme kuvaan mukaan valkoisen auton, tulee sama auto uudelleen kuvaan oikeanpuoleisen kuvan pakettiauton perästä. Ja jos otamme sinisen auton oikeanpuoleisesta kuvasta, näkyy sama auto myös vasemmanpuolisessa kuvassa vasemmassa reunassa mustan auton takana. Kuvassa 17 näkyy kuinka PTGui ohjelma on päättänyt rajata kuvat oman automaattisen valinnan mukaan yhdistäessä kuvia.

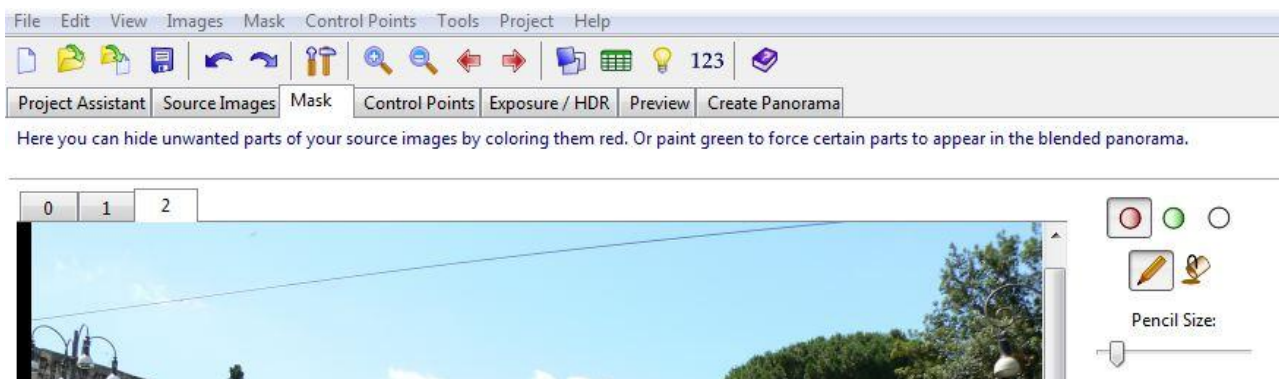


KUVA 17. Kuvien rajaukset automaattisella valinnalla.

Kun kuvien rajat on laitettu näkyviin huomaa selvästi sävyeroja kuvissa ja joitain objekteja, jotka ovat osittaisia tai puoliksi toisesta kuvasta otettuja. Tämä havainnollistaa nyt selvästi, että kuvausvaiheessa ottamalla enemmän kuvia, saamaan enemmän vaihtoehtoja, mitkä objektit jätämme kuvaan. Meillä ei ole kuvaa, jossa keskimmäisen kuvan osuus olisi tummemmalla taivaalla.

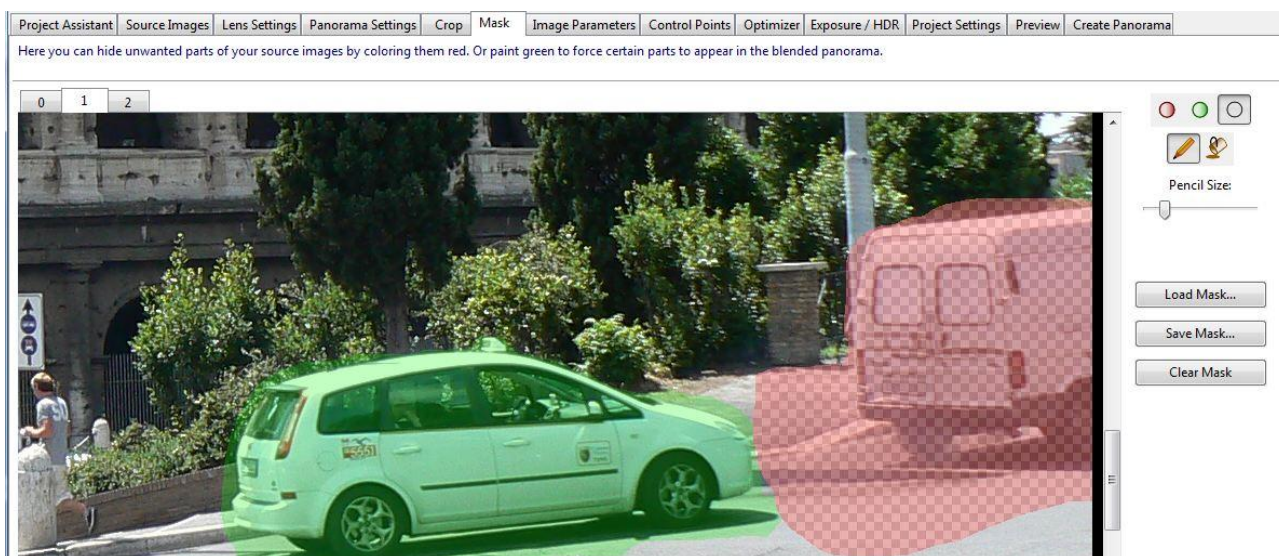
Kuva on otettu nopeasti kiireisellä turistiretkellä, joten meidän on pärjättävä näillä kolmella kuvalla saadaksemme mahdollisemman hyvä lopputulos. Kuvissa on päällekkäisyyttä noin 20 %, jonka toivoisin olevan enemmän kun kuvia alkoi yhdistää toisiinsa. Kuvassa on useita liikkuvia osia, joten mitä enemmän meillä on päällekkäistä osaa kuvasta tallessa, sitä enemmän meillä on vaihtoehtoja valita mistä kuvasta otamme lopulliseen panoraamakuvaan kyseisen kohdan näkyviin.

PtGui ohjelmasta löytyy merkintätyökalu kuvien yhdistämisvaiheeseen, jolla voidaan poistaa haluttuja alueita kustakin kuvasta. Tällä voidaan valita, mikä osa tulee lopullisen kuvaan tai mikä osa jätetään kuvasta pois. Työkalua voidaan käyttää vain kahden kuvan päällekkäisyyden osilta, koska jos poistamme aluetta kuvasta josta ei ole päällekkäisyyttä toiseen kuvaan, jää esiin vain tyhjää pintaa.



KUVA 18. Työkalu valokuvan objektien lisäämiseen ja positamiseen.

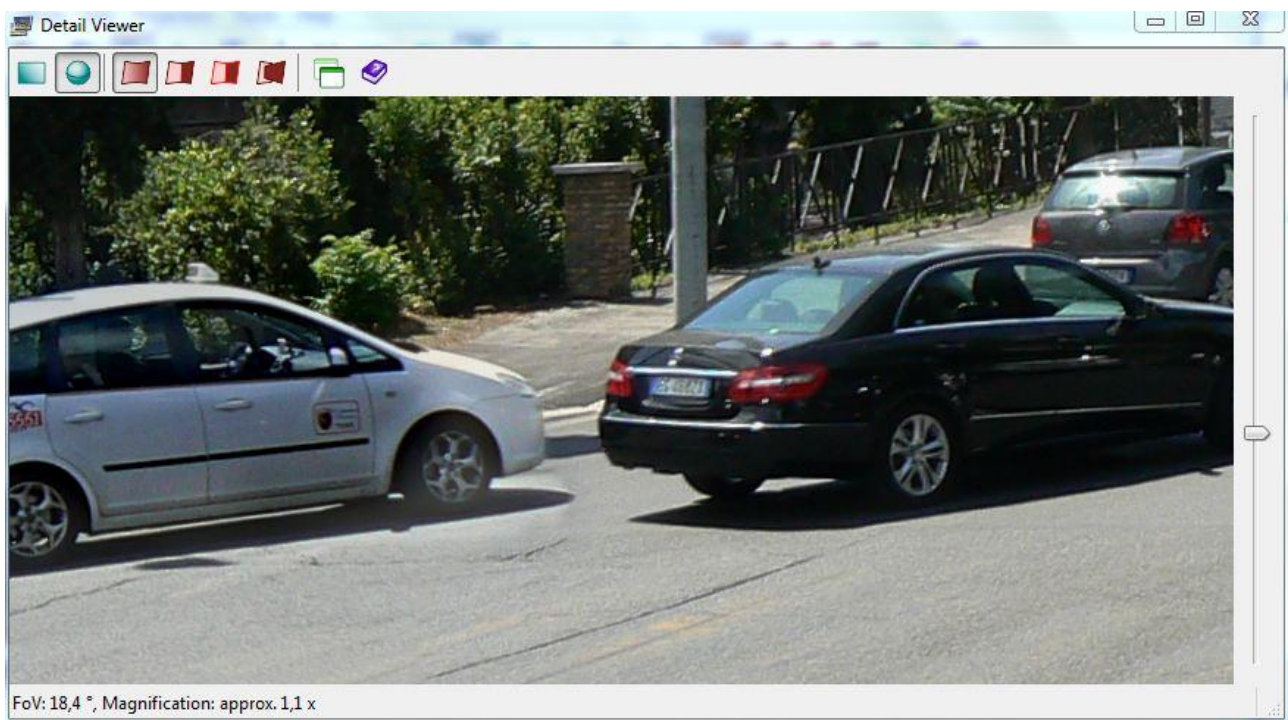
Kuvan 18 mukaisesti ohjelman Mask välilehdellä on työkalu, jolla voidaan selata kuvia yksittäin erillisessä ikkunassa. Kuvien selaaminen tapahtuu numeroiduilla välilehdillä yllä olevan kuvan mukaisesti kuvan vasemmasta yläreunasta. Kuvien yhdistämisvaiheessa teki PTGui ohjelma tästä yhden yhtenäisen kuvan erilliseen ikkunaan, jota voimme hyödyntää. Tässä työvaiheessa suosittelem kahden näytön käyttöä tai mahdollisemman suurta näyttöpintaa, jotta voidaan nähdä merkintätyökalulla yksittäisen kuvan ja samalla kokonainen panoraamakuva, johon yksittäisestä kuvasta poistetaan tai lisätään osio lopulliseen panoraamakuvaan. Yllä olevan kuvan ohjelman Mask välilehdellä oikeassa reunassa on pallukat vihreä, punainen ja valkoinen. Punaisella poistetaan kohteita, vihreällä pakotetaan kohde näkyviin ja valkoisella voidaan pyyhkiä jo merkattua vihreää tai punaista aluetta. Pencil Size säätöviivalla voidaan määrittää kuinka suuri on värin merkkausalue merkintäkynässä kuvaan. Näillä väri työkaluilla valitaan mistä kuvasta poistetaan tai pakotetaan lopulliseen kuvaan osa näkyviin.



KUVA 19. Vihreä pakottaa kuvan näkyviin ja punainen poistaa näkyvistä.

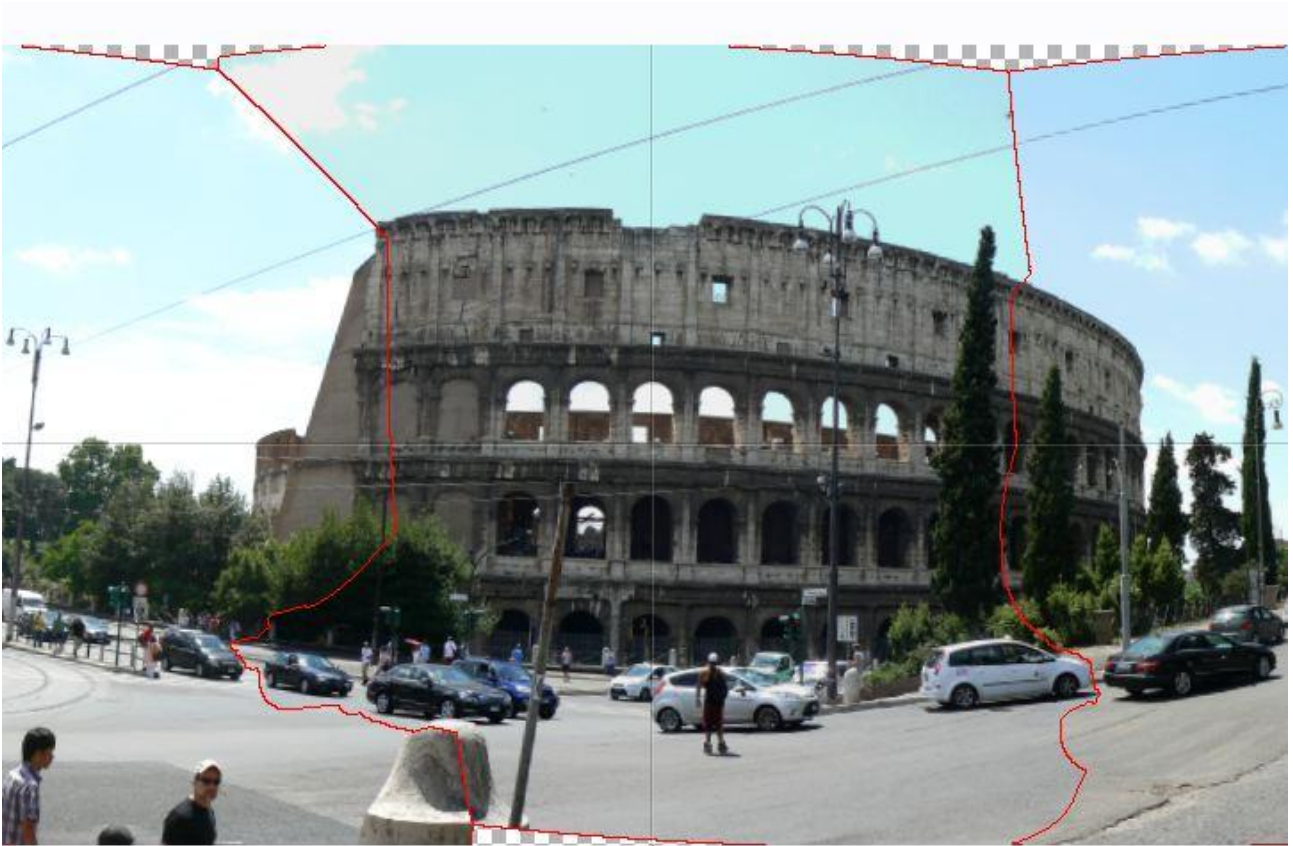
Esimerkkinä lähden merkitsemään keskimmäiseen kuvaan numero 1 valkoisen auton vihreällä kynällä kuvaan, jotta vain valkoinen auto jää kuvaan ja sinisen auton osittaiset osat häviää lopullisesta kuvasta. Samoin samassa kuvassa valkoisen auton edessä on pakettiauton perä, joka on liikkunut kuvassa 2 jo edemmäksi, joten kuvaa ei voida yhdistää pakettiauton kohdalta yhteen. Siksi pakettiauton puolikas perä on poistettava kuvasta poistamalla tämä punaisella kynällä kuvasta, jotta pakettiautonperäosa ei tule esiin lopulliseen kuvaan.

Haluan valita kuvaan mukaan kuvasta 2 mustan auton valkoisen auton eteen. Siirryn vielä välilehdelle kuvaan 2 ja merkitsen mustan auton vihreällä kynällä näkyviin kuvaan varistaakseni että auto jää kokonaisena kuvaan. Aluetta merkatessa kannattaa muistaa myös ottaa kuvaan mukaan auton alla oleva varjo. Nyt näkymä on seuraavan näköinen alla olevassa kuvassa suurennettuna.



KUVA 20. Valkoisen ja mustan auto tulevat eri kuvista.

Vastaavalla tavalla kuvasta korjaan pois kohteita, jotka ovat osittaisia tai lisään kohteen näkyviin valintani mukaan, jolla saadaan yhtenäinen lopputulos. Vielä lopuksi on hyvä tarkastaa mistä kuvien reunat kulkevat kun kynällä on poistettu kohteet joita kuvissa ei haluta näkyvän, koska tämä työvaihe on saattanut vaihtaa reunojen paikkoja.



KUVA 21. Lopullinen rajausta kuvaan

6.2 Kirkkaus- ja värisävyjen korjaus yksittäisten kuvien välillä

Kaapattujen kuvien valoisuusasteiden eroavaisuudet yleensä tuottaa ongelman panoraamakuvien tekemisessä. Valokuvia yhdistäessä erisävyisinä toisiinsa, saattaa silmämääräisesti huomata tuotetusta kokonaiskuvasta yksittäisten kuvien rajoja. Tähän löytyy apu valokuvien käsittelyohjelmista, jos asiaa ei pystynyt korjaamaan kuvia ottaessa pitämällä valotusasetukset samana kuvien välillä. Osassa panoraamakuvan yhdistämisohjelmissa on ominaisuus olemassa olevien kuvien sävyerojen korjaamiseksi. Seuraavassa olen tutkinut joitakin vaihtoehtoja sävyeron korjaamiseksi kuvankäsittely tai yhdistämisohjelmalla.

Yleisin ongelma on jo nähtävissä yllä olevassa panoraamakuvassa kuvassa 21. Nyt kun kuvien rajat on asetettu näkyviin, näemme selvästi että keskimmäisen ja oikeanpuoleisen kuvan taivaan värisävy on sävyero. Eroavaisuus aiheutuu kameran automaattiasetusten käytöstä kamerassa ja tarkennuspisteen muuttumisesta. Erilaisten kuvausasetuksien muutokset näkyvät kuvissa joissa on sinistä taivasta. Taivasta kuvatessa olisi käyttää aina samoja kuvausasetuksia kamerassa kuvien

välillä. Taivaan sinertävät sävyt muuttuvat eri kohdissa tavasta myös luonnollisessa ympäristössä. Tämän erottaa juuri panoraamakuvista, jossa näemme suuremman näkökentän kerralla, verrattuna omiin silmiimme. Taivaan sävyn muuttuminen ei johdu aina vääristä kuvausasetuksista vaan täysin luonnollisista syistä, joten kannattaa ensin koota kuva yhteen ennen värien muokkausta, jotta ei vääristä mahdollista luonnollista sävyvaihtelua.

Adobe Photoshop Elements ohjelmasta löytyy ominaisuus, jolla voidaan samankaltaistaa nämä sävyerot kuvien välillä, Photomerge panoraama lisätyökalu. Ohjelma vastaa samaa käyttötarkoitusta kuin PtGui. Ohjelmasta voidaan aktivoida valoisuusasteet ja sävyt samankaltaisiksi jo yhdistäessä valokuvia panoraamakuvaksi, jo ennen kuin kuvia on päästy esikatselemaan, kuinka nämä sopivat yhteen. Photomerge ominaisuutta käyttäessä opinnäytetyössäni havaitsin ohjelman huomattavasti hitaammaksi käyttää, kuin PtGui yhdistämisohjelmatyökalu. Käyttämäni työaseman teho ei aina riittänyt photoshopin käyttöön, kun käsiteltävä panoraamakuva koostui useista kymmenistä kuvista. Ohjelma pyrkii tekemään kaiken automaattisesti jo yhdistämisvaiheessa, eikä automatiikalla saada haluttua tulosta koekuvistani kesken korjauksien. Näin ollen en käytä Photoshop sovellusta kuvien yhdistämiseen, koska ohjelma ei havainnollista mitä automaattiasetus tekee kuville. Photoshop kuvankäsittelyohjelma sopii mainiosti kuitenkin kuvan keinotekoiseen muokkaamiseen kuvien yhdistämisen jälkeen, tähän asiaan palataan opinnäytetyön myöhemmässä vaiheessa. PtGui sovelluksesta löytyy tämä sama ominaisuus korjata automaattisesti kuvien sävyeroja ja ohjelman työaseman tehovaatimukset ovat pienemmät.

Kuvan taivaan värisävyt kannattaa korjata vasta kuvien liittämisen jälkeen. Sävyn korjaus automatiikka saattaa tehdä kuvien yhdistämisrajojen asettamisen löytämisestä vaikeampaa. PtGui ohjelmasta löytyy värien säätämistä varten yksi helppokäyttöinen automaattinen asetus, joka voidaan aktivoida viimeisenä työvaiheena. PtGui Pro 9.0 ohjelman välilehdeltä "Exposure / HDR", josta tulee aktivoida valintaruutu Exposure correction (for panoramas taken in automatic exposure mode). Valintaruudun asettamisen jälkeen muutos tulee välittömästi näkyviin PtGui projektityön esikatselu ikkunaan.

Adobe Photoshop sovelluksen täydestä pakettiasennuksesta löytyy apusovellus Photomerge Style Match, kirkkauden korjaamiseen ennen kuvien yhdistämistä. Kuvankäsittelyn aputyökalulle voidaan antaa yksi esimerkkikuva ja kopioida kuvasta kirkkaus- ja väriasetukset toiseen kuvaan. Ominaisuus löytyy useimmista Photoshop CS versioista vasemman yläkulman File valikosta New valinnan alta Photomerge Style Match komennolla. Ennen ohjelman avaamista on avattava muokattava kuva, jolle asetetaan viereen avautuvaan ikkunaan kuva, jonka väriasetukset halutaan kopioida. Tämä on työläs tapa käydä läpi kirkkauden korjaaminen, jokaisesta kuvasta erikseen pano-

raamakäytössä. Täydellinen panoraamakuvaa varten tarvitaan noin 60 kuvaa normaalilla digitaali-videokameralla.

6.3 Colosseum panoraamakuvan korjausvaihe

Kun Colosseum kuva on saatu läpi yhdistämisvaiheesta, jäi kuvaan vielä muutama korjaamaton kohta kuvien rajojen väliin. Kuvan alaosassa oleva palkki on puoliksi toisesta kuvasta, eikä koko palkkia ole kummassakaan kuvassa kokonaisena. Palkin varjo ei aivan osu kohdalle vaikka kuvan yläosassa rakennus osuu kohdalle. Vastaavasti ilmassa kulkevat kaapelit eivät aivan kuvien rajoilla toisiinsa. Korjaukseen lähden käyttämään Adobe Photoshop 13.0 kuvan editointiohjelmaa. Korjaustavan keksiminen oli yksi merkittävimpiä oivalluksiani Photoshop kuvankäsittelyssä. Kummankin osan voi korjata samalla toiminnolla.

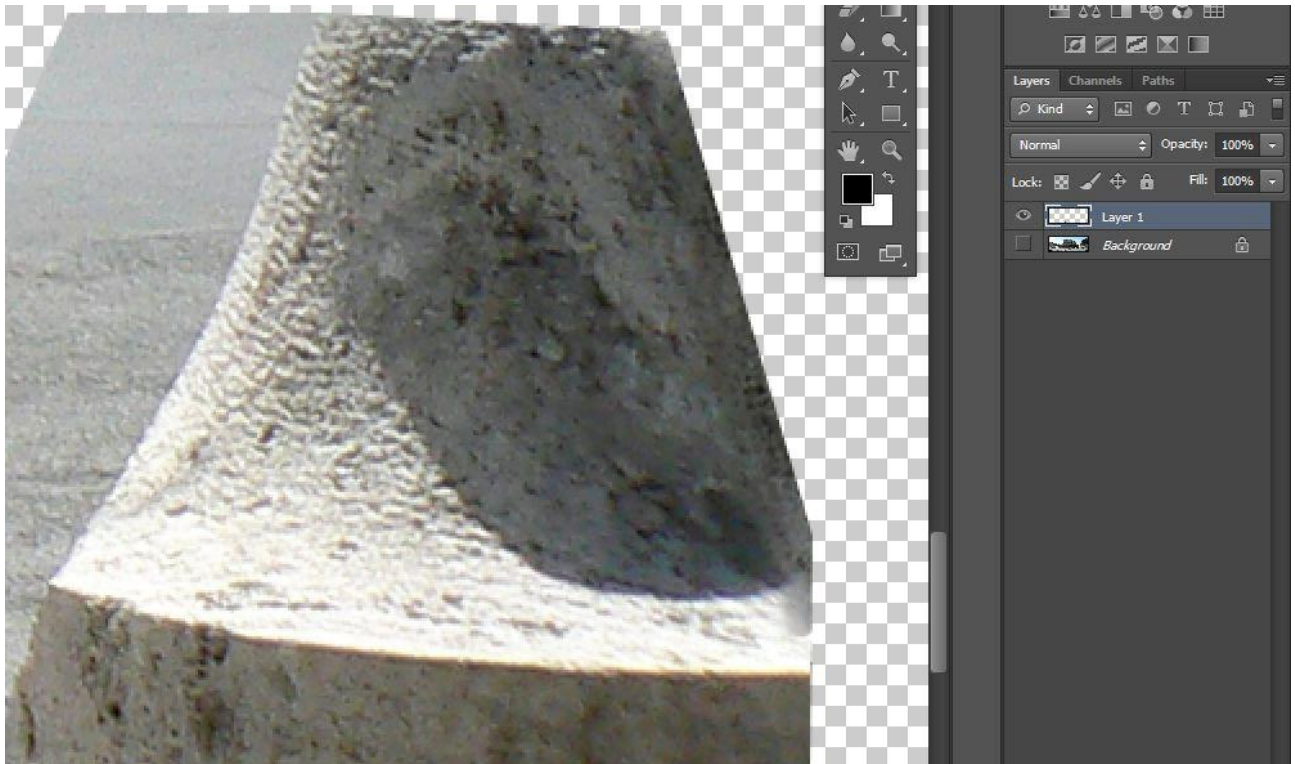
PTGui ohjelmasta lopullinen tallennettu kuva tulee avata Photoshop ohjelmaan. Palkin korjaamiseksi on palkin puoliskoa siirrettävä hieman oikealle, mutta siirtämällä palkkia, jäisi palkin vasemmalle puolelle tyhjää kuvapintaa. Palkin puolikkaan siirtäminen ei siis ole sopiva vaihtoehto. Ohjelmasta löytyy kuitenkin taivutustyökalu jolla voidaan venyttää ja vääristää yksittäistä kohtaa kuvasta. Ensin Photoshop ohjelmasta on määriteltävä alue, jota vääristetään.

Ohjelmasta löytyy piirtotyökalu nimeltä "Lasso Tool" oletusasetuksilla. Klikkaa tästä hiiren oikealla vaihtamalla kuvake Polygonal Lasso Tool muotoon. Työkalu on rajaustyökalu, jolla saadaan rajattu epäsymmetrinen palkkiobjekti kuvasta vetämällä rajaustiiva kerrallaan suorita viivoja. Rajataan työkalulla palkin osa joka ei ole yhtenäinen palkin toisen puolen kanssa. Koska palkkia joudutaan siirtämään oikealle, on palkin vasemmalle puolelle saatava kuvaan asfalttipintaa. Siksi rajaan vääristettävään objektiin myös palkin vasemmalta puolelta maata.



KUVA 22. Polygonal Lasso Tool työkalulla rajataan taivutettava alue.

Kun alue on saatu rajattua, tehdään valitusta alueesta kopio leikepöydälle painamalla näppäimistöä Ctrl + C tai menemällä Edit valikkoon ja valitsemalla copy. Leikepöydällä on nyt palanen kuvasta tallessa, josta tulee tehdä uusi Layer eli kerros kuvaan. Leikattu osa liitetään kuvaan uudelleen Photoshop ohjelmassa Edit valikosta Paste toiminnolla tai Ctrl + V yhdistelmäpainikkeella. Uutta kerrosta ohjelmaan ei tarvitse erikseen tehdä, koska ohjelma tekee tämän automaattisesti. Erillinen kerrosvalikko on nähtävissä Photoshop ohjelman oikeanpuoleisessa valikossa.



KUVA 23. Adobe Photoshopilla voidaan tarkastella yhtä tallennettua kuvakerrosta kerralla.

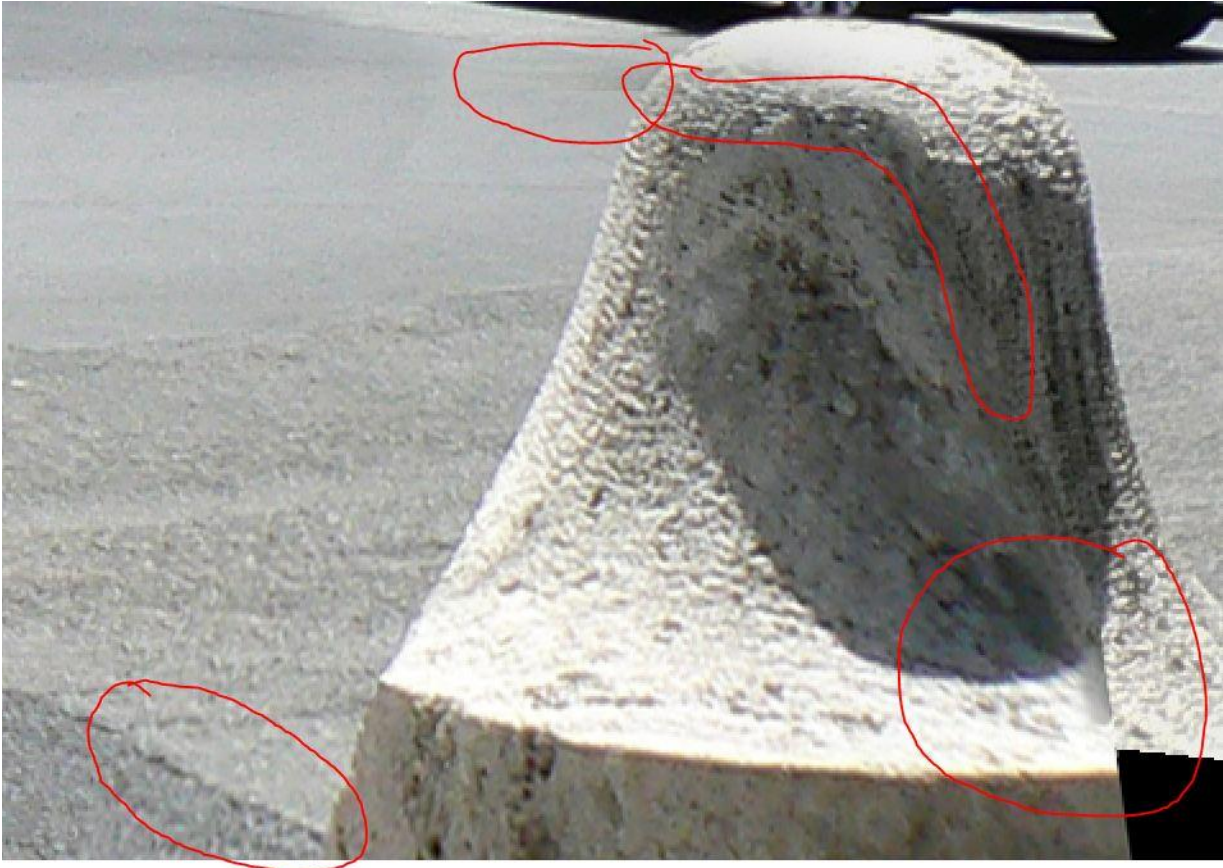
Määritelty alue kopioituu uutena kuvakerroksena kuvaan tästä tuli oletusnimellä nimi Layer1. Layer1 valikon vierellä on silmäpainike, jolla voidaan poistaa kyseinen kerros näkyvistä. Nyt esimerkkinä kuvasta poistettiin alkuperäinen kuva, jotta vain valittu kerros näkyy kuvassa.

Seuraavaksi valitaan Photoshoping Edit valikosta Transform ja Skew toiminto. Skew tulee sanasta vääristää kääntyä. Nyt valitun kuvan aluetta voidaan vääntää reunoilta yhteensopivaksi viereisen kuvan palkin osan kanssa. Taivuttelu tapahtuu rajatun alueen kahdeksasta muokkauspisteestä, joilla kuva saadaan venytettyä yhteensopivaksi viereisen palkin kanssa yhteen silmämääräisesti.



KUVA 24. Adobe Photoshop ohjelman Skew työkalulla voidaan taivuttaa kuvan osia.

Kun Layer1 palasta on venytelty sopivasti kuvan päälle, tulisi vielä kuvaan muodostuneet selkeät rajat saada häivytettyä. Tähän sopii yksinkertaisesti Photoshopping Eraser Tool. Kun layer1 kerros on varsinaisen kuvan päällä, voidaan tästä kumittaa yhteen sopimattomia kohtia, jollin alla olevan alkuperäisen kuvan pinta tulee näkyviin. Pyyhkimistyökalu aina pyyhkii kerrosta joka on aktivoitu- na Layers valikossa. Joten jos jostain kohtaan pyyhkii liikaa kuvasta pois voi tätä korjata takaisin- päin aktivoimalla Background kerroksesta.

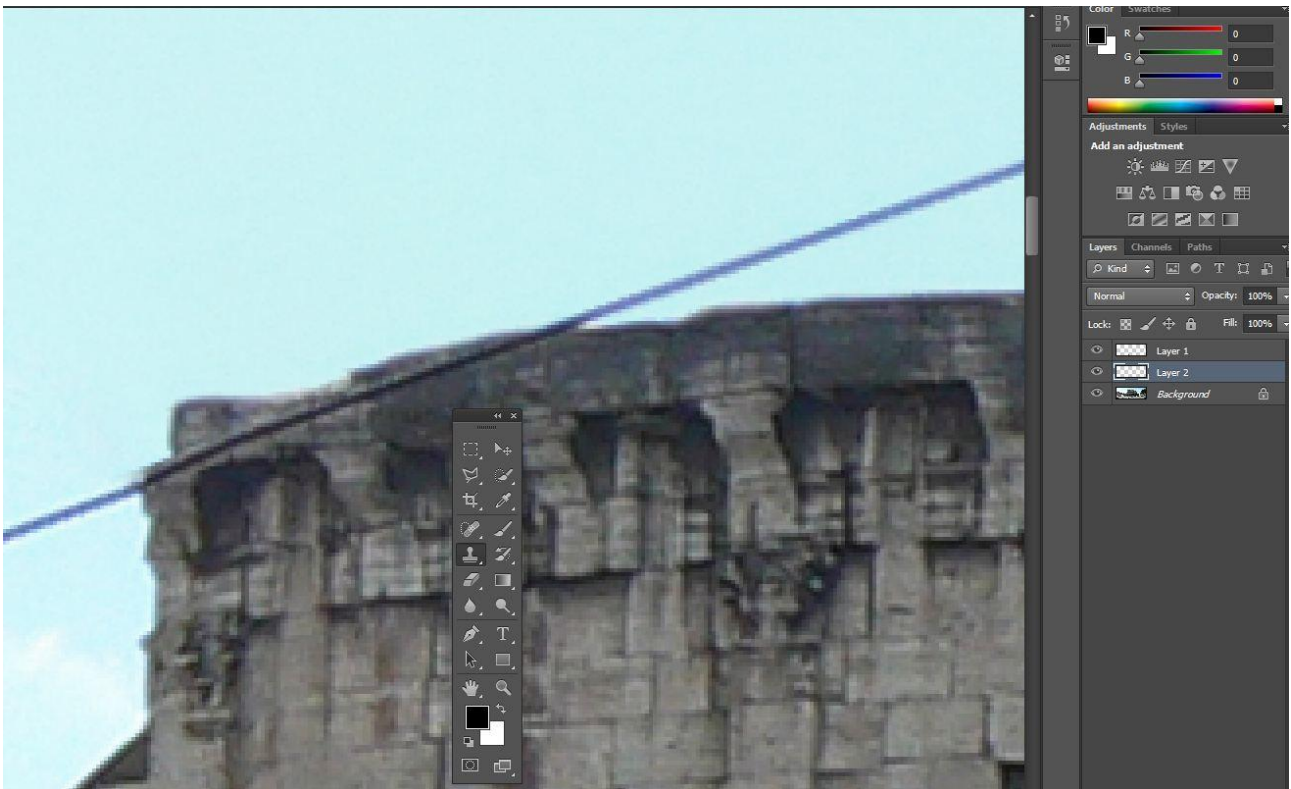


KUVA 25. Viimeisteltävät kohdat palkin venyttämisen jälkeen.



KUVA 26. Eraser Tool viimeistelyn jälkeen.

Epäyhtenäisen kaapelin korjaamiseen Colosseumin kuvan yläosassa voimme käyttää kloonauksen työkalua. Periaate korjaukseen on vastaava kerroksien käyttö Photoshop ohjelmassa. Otamme ensin Polygonal Lasso Tools työkalulla kopion ehyestä pätkästä kaapelia muualta kuvasta. Pala kaapelia kopioidaan leikepöydälle ja uudelleen, kuvaan jotta saadaan jälleen tästä uusi kerros nimeltä Layer2. Aktivoidaan kerros nimeltään Layer 2 ja valitaan hiirityökalivalikosta käyttöön Clone Stamp Tool.



KUVA 27. Työkalulla Clone Stamp Tool, on täydennetty puuttuva kaapeli.

Panoraamakuvien korjaamiseen ja yksityiskohtien hiomiseen voi käyttää aikaa helposti kymmeniä tunteja. Pieniä virheitä kuvien liitäntäkohdista huomaa sitä helpommin, mitä lähempää kuvaa tutkii. Olisi kuitenkin järkevä miettiä kuinka suurena lopullista kuvaa tullaan katselemaan tai mihin tarkoitukseen kuva tulee. Kuinka tarkasti virheet on korjattava? Virheiden korjaustavan löytäminen ja ideoiminen on myös keksittävä tilanteeseen sopivaksi. Panoraamakuvien korjaamisesta useat yksityiskohdat saadaan korjatuksi kloonauksella, vääristämistyökalulla ja viimeistelemällä pyyhkimistyökalulla korjauksen aiheuttamat jäljet. Perusperiaatteena kuvaa korjattaessa on ensin kopioitava kohteet uuteen kerrokseen. Korjaukset siis tehdessä pääkuvaa ei varsinaisesti muokata vaan muokattavat kohteet pidetään aina uudessa kerroksessa varsinaisen kuvan päällä. Tällaisella tekniikalla mahdolliset korjauksessa tapahtuneet virheet ja kokeilut voidaan aina palauttaa ottamalla väärin korjat-

tu kerros kokonaan pois alkuperäisen kuvan päältä. Jos kuva tallennetaan esimerkiksi JPG muotoon, ei kuvatiedostoon tallennu erikseen korjattavat kerrokset. Uudet korjauskerrokset kopioituvat uuden kuvan päälle, jonka jälkeen korjattuja kohtia ei voida korjata uudelleen poistamalla vanhaa kerrosta. Siksi kuvasta on hyvä pitää varmuuskopio aina työvaiheiden välillä ja alkuperäisestä yhdistetystä panoraamakuvasta mahdollisemman raakamuotoinen esimerkiksi TIF muotoinen kuvatallenne.

Kunnes kuvaa on viimeistelty sen voi leikata suorakulmaiseksi vielä leikkaustyökalulla suorakulmaiseksi neliöksi. Leikkaamisen voi tehdä jo PtGui ohjelmassa kuvien yhdistämisen jälkeen. Itse haluan jättää tämän kuvien yhdistämisen kun näkyvät virheet näistä korjattu. Korjaukset saattavat vaikuttaa kuvan lopullisiin leikkausrajoihin. Kuvan voi leikata Photoshopissa ”Crop Tool” työkalulla. Työkalu löytyy hiiren merkintätyökaluvalikosta. Vastaava Crop leikkaustyökalu löytyy yleensä yksinkertaisimmistakin kuvankäsittelytyökaluista.



KUVA 28. Lopullinen nelikulmioksi leikattu panoraamakuva Colosseumista. Panoraamavalokuva Dan Hietasalo 2011

6.4 Pohdinta

Lopuksi herää kysymys: Onko panoraamakuvia ottaessa parempi ottaa kuvat nopeasti vai aikaa käyttäen valiten yksittäisen kuvien rajausta tarkasti. Kummassakin kuvaustavassa on etu- ja haitta puolensa, joita voidaan pohtia aina kuvauskohteesta riippuen. Kuvaajan on löydettävä tilanteelle sopivin kuvaustapa eikä totuttautua vain yhteen kuvaustapaperiaatteeseen. Colosseum kuvasarjan ottamalla hitaammin, olisimme ehkä saaneet pois saman auton useasta kuvasta, kuten nyt kuvaa tutkimalla on käynyt. Valkoinen auto keskimmäisestä kuvasta mustan auton takaa löytyy myös oikeanpuoleisesta kuvasta pakettiauton takaa. Voisimme ottaa tilanteesta myös enemmän kuvia

niin että kuvat ovat enemmän toistensa päällä. Panoraamakuvaa tehdessä voi valita tarkemmin mitkä liikkuvat autot jätämme kuvaan. Haluammeko kuitenkin tehdä suurta lisätyötä ottamalla lyhyestä alueesta useita kuvia, jolloin tulee enemmän mahdollisesti korjattavia liitoskohtia?

Mihin asioihin sitten voimme vaikuttaa kuvaustilanteen mukaan kun teemme panoraamakuvan? Kun liikumme ihmismassan seassa, jossa ihmiset ovat ympärillä ja lähietäisyydellä suosittelen panoraamapäätä eli kalansilmää jos tällaisen käyttö on mahdollista. Mitä isompi alue voidaan kuvata yhdellä kuvalla, sitä vähemmän kuvia tarvitsee ottaa ja, sitä vähemmän on korjattavia ja poistettavia liikkuvia hahmoja kuvan reunoille jää. Kuvausvaiheessa liikkuvat kohteet ja kokonaiset selkeät objektit kun pyrimme saamaan pois kuvien reunoilta, näin kuvan yhdistämisvaiheiden korjauksia ei välttämättä lainkaan tehdä.

Panoraamakuvaustoiminto videokameralaitteessa tätä ongelmaa ei tullut, koska kamera nauhoittaa kuvan liikkeessä. Tässä voi kuitenkin olla ongelma että jos kuvaa otettaessa kameraa liikutetaan liian hitaasti tai nopeasti, kuva epäonnistuu. Toisena ongelmana jos kuvaa otettaessa liikkuva objekti liikkuu kuvan mukana, kamera ilmoittaa kuvan epäonnistumisesta tai liikkuva kuva osasta on mukana liikkuvana epätarkkana haamuna koko kuvan matkalla. Panoraamakuvaustoiminto näyttää toimivan vain jos 360 tai 180 asteen panoraamakuvassa ei ole liikkuvia kohteita kuvatessa. Täydelliseen panoraamakuvaan ei videokameran panoraamakuvausominaisuus pystynyt.

7 HAVITTUJA TULOKSIA OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksittäisiä valokuvia ottaessa kuvaajan on aina löydettävä optimaalinen valon määrä että kuvan kaikki osat olisivat tyydyttäviä.

1. On tarkastettava, että kirkkaan pisteet eivät ylivalota kuvaa ja valotusaikaa on säädettävä niin, että valoa ei ole liian paljon eikä liian vähän
2. On valittava käytetäänkö salamaa antamaan pimeille alueille lisävaloa
3. On säädettävä optista aukkoa valomäärän keräämiseksi sopivaksi, jos valotusajan säätäminen ei riitä tai valotusajan säätäminen ei riitä tai sovi, eikä salamavaloa voida käyttää.

Uutena kuvauksen näkökantana olen opinnäytetyötä tehdessäni löytänyt panoraamatekniikasta mahdollisuuden ja ratkaisun valotus ja värimaailmaongelmaan. Vaikka emme haluaisi tehdä 360 leveää tai täydellistä panoraamakuvaa vaan ainoastaan saada hyvän normaalin valokuvan hienolla värimaailmalla, voimme tähän käyttää panoraamakuvausperiaatetta. Kun tiedämme, että kuvassa on aurinko tai muu kirkas piste, miksi emme ottaisi vain yhtä hyvää kuvaa missä aurinko on pieni eikä ylivalottunut jolloin kaunis sininen taivas jää sinisenä kuvaan. Samalla otamme kuvan haluamastamme taustasta sopivilla kuvausasetuksilla jotta saamme kuvan taustan näkymään tarkasti vaikka kuvan taivas jää lähes täysin valkoiseksi auringon ylivalotuksesta johtuen. Ja vielä kerran ottaisimme kolmannen kuvan maasta jotta saamme jään, lumen tai ruohon kuvaan mukaan sen omilla värisävyillä.

Panoraamakäsittelyohjelmalla voidaan yhdistää nämä 3 kuvaa ottaen jokaisesta kuvasta vain parhaimmat osat kuvaan mukaan. Asettamalla kuvat päällekkäin ja poistamalla kuvasta osat jotka ovat ylivalottuneet, liian pimeät tai värimaailma on liian haalea.

Nyt voisimme myös hyödyntää kameran automaattisia asetuksia, jotka kamera valitsee ottavan automaattiset asetuksen kuvan tarkennuspisteestä. Kuvaa ottaessa tarkentaessamme kuvan pisteeseen, josta haluamme kyseisen kuvan värimaailman olevan mahdollisimman hyvä, tarkennamme ja napsautamme kuvan. Tulen käyttämään tätä tekniikkaa lopulliseen panoraamakuvaan saadakseni värimaailman monipuoliseksi kuvaan. Kuvien yhdistämistekniikkaan ja kuvan osion pois jättämiseen tarvitsemme kuitenkin taidot ja tiedon kuvien muokkaamisen ja yhdistämisen ohjelmistotyökaluista.

8 PANORAAMAKUVAN MUODOSTAMINEN

Kun panoraamakuva on koottu ja yhdistelty yhdeksi kuvaksi, palasista nähdään, että kuvan kohteet taipuvat katsojan näkökentässä lieriöksi, koveraksi tai aaltoilevaksi kuvaksi, jos kyseessä on leveä kuva. Jos kuvassa on rakennuksia, näyttävät rakennuksien seinät kieroilta tai kallistuneilta riippuen siitä, kuinka korkea tai pitkä kohde kuvassa on ja miltä korkeudelta valokuvat on otettu rakennukseen nähden.

8.1 Näkökulma

Kuinka muodostettua panoraamakuvaa katsellaan? Panoraamakuvan selain- ja katseluohjelmista on hyvä esimerkki Googlen Street View Web-pohjaisessa sovelluksessa. Kun katsellaan valmiista panoraamakuvasta vain osaa kerrallaan, näyttää kuva tällöin siltä, kuin sitä katseltaisiin katsojan näkökulmasta kuvakuplan sisältä. Todellisuudessa kuva on tasainen ja se on taipunut lieriöksi tai palloksi kameran pyöreän linssin vuoksi tai kuvankäsittelyohjelmalla muokkaamalla. PtGui-ohjelmassa on vapaasti valittavissa jo kuvan muodostamisvaiheessa, katsellaanko kuvaa lieriönä pallona vai tasaisena kenttänä. Valintakenttä löytyy, kun kuvat on ladattu ensimmäisen kerran yhteen 2.Align images -työkalulla ja saadaan kuvan esikatseluikkuna auki. Esikatseluikkunan ylävalintapaneelissa on asetettavissa kuvaan erilaisia katselumuita. Panoraamakuvaa voi myös itse taivuttaa vetämällä hiirellä kuvien päällä. PtGui-ohjelmalla voidaan siis tallentaa lopullinen panoraamakuvan erilaisista näkökulmista katsottuna.

Löysin kuitenkin edelleen panoraamakuvan katselumahdollisuuden, jota ohjelmatyökalut eivät osanneet muodostaa vielä yksittäisellä valinnalla. Käsittelen aihetta opinnäytetyöni kappaleessa 8.2.4, jossa rakennan täydellisestä panoraamakuvasta napapanoraamakuvan.

8.2 Napapanoraamakuva

Napapanoraamakuvat (engl. Polar Panorama) on yksi tapa muodostaa täydellinen näkymä panoraamakuvasta. Kuvat jaetaan kahteen alaryhmään, tunnelikuviin ja planeettakuviin, jotka tulevat englannin kielen sanoista (engl. little planet tai 360 degree tunnel). Kuvat ovat ensi näkemältä samankaltaisia pyöreitä kuin kalansilmäobjektilla otetut kuvat. Kuvissa on kuitenkin se ero, että niissä

voi olla täydellinen panoraamakuva, josta löytyy taivas, maa ja täysin 360-asteinen näkökenttä vaakasuunnassa. Napapanoraamakuvan tekemiseen tarvitaan ensin panoraamakuva.

8.2.1 Kuvan ottaminen

Etsin sopivan kuvauskohteen napapanoraamakuvan ottamiseen planeettakuvan tekemiseksi. Paikka on Kuopion Puijon mäkihyppymäen juuressa olevan nurmikkoalueen keskellä vuoden 2012 loppukesästä. Kuvanottoaikana aurinko on jo laskenut, mutta taivaalla on sinisiä ja vaaleampia kohtia sekä pilviä 360 asteen alueella. Maa on pääosin vihreää nurmea, ympäristössä muutama rakennus ja taustalla pimeää kuusimetsää.

Käytän kameran puoliautomaattiasetusta, automaattisella kameran sulkijalla, mutta manuaalisella valotusajalla. Otin muutamalla koekuvalla testejä täysillä automaattiasetuksilla nähdäkseni, mitä arvoja kamera asettaisi automaattiseksi. Käyttäessäni käsivaraista kuvausta en voinut ottaa liian pitkää valotusaikaa tärähdyksen estämiseksi. Valitsin valotusajaksi 1/30 sekuntia.

Kuvasin ensin vaakatasossa tarkennuspisteenä metsärajan 360-asteen matkan kuvasarjana. Kameraan oli asetettu kuvatessa 4:3-kuvasuhteeseen pystysuuntaan. Joistakin kuvista otin useita otoksia vaihtaakseni tarkennuspistettä ja saadakseni mahdollisemman tarkkoja kuvia etäältä. Kuusikko aiheutti ongelmia tarkennuspisteen saamiseksi, kun kuvauskohteen tarkennuspiste oli etäällä. Otin myös kuvat hyvin päällekkäisistä kohdista, joita epäilin pimeiksi. Koska käytössäni ei ole kalansilmäobjektia vaan normaali puolijärjestelmäkamera, oli otettava useita kuvia, jotta sain saman määrän kuvausaluetta kuvatuksi. Otin samoin erikseen 360 asteen kuvan lähietäisyydellä nurmesta automaattisella sulun valinnalla, jolloin saan nurmesta vihreämpää. Samoin otin taivaasta 360 asteen kuvat saadakseni taivaan siniseksi ja pilvet tallennettua näiden omilla värisävyillä.

Jos olisin käyttänyt laajempia linsejä, kuten kalansilmäobjektia, olisin päässyt vähemmällä kuvamäärällä ja työllä. Ongelmaksi oli kuitenkin tullut värimaailma. Värimaailma tulee kameraan sen tarkennuspisteen valitsemana. Jos olisin tähdännyt kameralla kuusikkoa, olisi taivas jäänyt valkoiseksi ja nurmi haaleaksi. Tämä johtuu siitä, että kuusikkometsä on pimeämpi kuin vihreä nurmi tai sinertävä taivas ja kamerasta joutuu tällöin avaamaan optista suljinta enemmän kerätäkseen enemmän valoa, jolloin taivas valottuu liikaa ja nurmi taas liian vähän. ISO-arvon pidin 100:na, joka löytyy mistä tahansa kamerasta.

Panoraamakuvaa varten on otettu 59 kuvaa. Kaikkia kuvia käytän lopullisessa panoraamakuvassa ainakin pieneltä osalta. Kuva ei ole aivan täydellinen panoraakuva, koska en ottanut 360-asteen kuvasarjoja lähietäisyydeltä maasta ja yläpuolelta taivaalta. Nämä alueet eivät ole välttämättömiä napapanoraamakuvakäytössä.

8.2.2 Kuvan muodostaminen ohjelmistotyökaluilla Panoraamakuvaksi

Kokosin kuvat työasemalleni ja lähdin liittämään näitä PTGui ohjelmalla. Kun kuvat on jo otettu kerran, ei näitä voida enää uudelleen mennä ottamaan myöhemmin. Alueen valoarvot ja ympäristö on hyvin epätodennäköisesti kahtena eri aikana tai päivänä samanlainen valotus, joten otetuilla kuvilla on pärjättävä. Siksi on aina hyvä ottaa useamman kerran samasta kohdasta kuvia samalla kertaa jos ei ole aivan varma kuvan onnistumisesta. Muutamia epäselviä kuvia kuvaerääni tuli. Nämä tulivat lähinnä kaukaisen tarkennuspisteen vuoksi pimeästä kuusista. Käytännössä kuitenkin Panoraamakuvassa kuitenkin katsoja haluaisi, että koko 360 asteinen kuva olisi saman sävyinen, mutta todellisuudessa näin ei ole vaan silmämme eivät voi nähdä yhtä laajaa aluetta yhtäaikaaisesti, joten emme voi silmiemme tottumisen vuoksi nähdä taakse ja eteen yhtä valoisaa näkyvää ellei aurinko paista yläpuoleltamme ja kaikki valoa heijastavat pinnat ole samanväriset.

Kuvien liittämiseen, näkyvien alueiden valitsemiseen ja yhdistämispisteiden löytämiseen kului noin 12 tuntia. Kuvista muodostin yhden TIF tiedostomuotoisen kuva. TIF tiedostomuoto on raakamuotoinen kuva, joka säilyttää kuvien kerrokset eli kuvan päällekkäisiä osia voidaan vielä ottaa esille eri kerroksessa kuvassa. Kuvassa on 20382 x 7077 kuvapistettä ja kokoa tämä vie 836 Mt. Kuvan editointivaiheessa haluan kuvan olevan mahdollisemman muuttumattomana, jotta en kadottaisi tietoa kuvasta mahdollisessa muokkausvaiheessa ja pystyn pitämään kaikki muokkaamisen mahdollisuudet avoimena. Kuvan kokoa voi myöhemmin pienentää vaihtamalla tiedoston tallennusmuotoa ja vähentämällä värien määrää tai kuvapisteitä. TIF muotoinen panoraakuva toimii raakamuotoversion, josta voidaan kopioida kuvaa erilaisiin pienempiin muotoihin tarvittaessa. Tästä tiedostosta pidän aina varmuuskopion, johon ei ole tehty editointityökaluilla muutoksia.

Ongelmaksi tuli, että työasemani työteho ei riitä tämänkokoisen raakamuotoisen kuvan käsittelyyn. Kuvan avaamiseen kului jo yli tunti usean epäonnistuneen avausyrityksen jälkeen, joten jouduin muuntamaan työni JPG muotoa nopeuttaakseni muokkaus työskentelyä. TIF kuvan tallentaminen onnistui, mutta tämän muokkaus vaatii panoraamakuvakäytössä tehokkaan multimediatyöaseman.



KUVA 29. Lopputulos PDGui ohjelman yhdistämistyökalulla. Puijo, Kuopio. Valokuva Dan Hietasalo 2012.

Kuvaan on nyt saatu talteen sininen taivas vihreämpi nurmi ja puuston värityksellä että metsän puuston voi erottaa kaukaakin. Kuvan värisävyjä ei ole muokattu millään tavalla kuvien editointiohjelmilla. Tarkastin kuvien liitoskohtia PtGui yhdistämisohjelmalla oikeille paikoilleen ja mahdollisia korjattavia kohtia Photoshop ohjelmalla. Korjattava ei ollut kun kuvien rajat saatiin paikalleen. Tässä kohdassa saadaankin vahvistus, että kameran polttopiste on pysynyt kuvaustilanteeseen riittävän keskellä paikoillaan.

Kuvan saaminen tyydyttävään yhtenäiseen muotoon yhdistellen kuvan osia 59 kuvasta kesti minulta 14 tuntia. Automaattityökalun käyttö oikeastaan hidasti työtä kuin nopeutti tätä, koska ei osannut itse kaikkia kuvia asettaa oikeisiin kohtiin. Kaikkien kuvien tarkkaa sijaintia jouduttiin käsin muuttamaan mahdollisemman lähelle näiden oikeaa paikkaa jotta kuvat jatkuvat oikeista kohdista ja pisteistä toisiinsa. Yhdistettävät kuvat täytyi tarkkailla yksitellen läpi lähietäisyydeltä suurennuslasityökalulla saadakseni yhdistämispisteet oikeisiin kohtiin. Jouduin myös valitsemaan mistä kuvista otin parhaat ja onnistuneimmat kuva-alueet käyttöön. Koska kuva tallennettiin raakamuotoon TIF, jäi kaikki alemmatkin peitetyt kuvan kerroksien alle piiloon päälle valittujen kuva alueiden alle. Näiden säilyttäminen alla on yksi tärkein syy pitää kuvakokonaisuudesta aina raakamuoto, jotta kuvan käsittelyyn voidaan palata jälkikäteen ja kaikki otetut 59 kuvaa ovat edelleen tallessa kootun kuvan alla piilossa. Jos kuvatiedosto muutetaan JPG muotoon, nämä kerrokset häviävät taustalta ja kuvan kokoa pakataan, jolloin kuvasta häviää paljon ylimääräistä katsojalle tarpeetonta dataa.

8.2.3 Yhtenäisen Panoraamakuvan virheiden korjaus

Kuvan virheiden korjaamiseen löytyy useita kuvankäsittelytyökaluja. Osalla kuvan editointityökaluista löytyy myös oma panoraamakuvan muodostusohjelma, jolla voidaan tehdä samoja työvaiheita kuin PTGui ohjelmalla edellisessä työvaiheessa. Käytän virheiden etsintätööhön Adobe Photoshop versiota 13.0. Tällä työkalulla voidaan käsitellä hyvin TIF muotoista raakamuotoista, johon kuva tallennettiin jo PtGui sovelluksessa yhdistämisen jälkeen. PtGui sovellus voi tallentaa yhteen kootun kuvan PSD tiedostomuotoon, joka on tehty Photoshop käyttöön. PSD muoto säilyttää kuvien kerrokset, joten kerrosten päällekkäisyyksiä voisi tällöin tutkia lisää Photoshop halutesa lisää.

Kuvien liittämissä pisteitä ei pystytä täysin kohdentamaan toisiinsa PTGui sovelluksessa, joka näkyy kuvan punaisen rakennuksen sivulta kulkevasta portaikosta, joka osui kahden kuvan liitoskohtaan, eikä vikaa saanut kadotettua muuttamalla kuvan rajojen sijaintia. Kuvassa ei ole havaittavia uusia korjaustoimia tehtäväksi verrattuna aikaisempaan esimerkkityöhön. Löydetty yhdistämismistika saatiin korjatuksi Photoshopin "Skew" toiminnolla kun kuvaa tarkennettiin riittävästi. Saumojen yhteensopimattomuus on mahdoton nähdä kuvasta, koska kuvat olivat vain muutaman kuvapisteen verran pois paikaltaan. Korjaustyö ei näkynyt parantavan lopullista kuvaa isommaltakaan näytöltä katsotuna, koska virheet olivat liian pieniä nähtäväksi, kuvan katselutarkoituksen kannalta.

Kun kuvan editointi ja virheenkorjaukset alkavat riittää, voisi kuvasta tehdä vielä tallennuksen TIF ja JPG muotoon. Kun kuva muokataan Panoraamakuvasta napa-panoraamakuvaksi, käsittelyyn riittää käyttöön normaali JPG formaattinen kuva.

8.2.4 Kuvan muodostaminen Panoraamakuvasta Napa-Panoraamakuvaksi

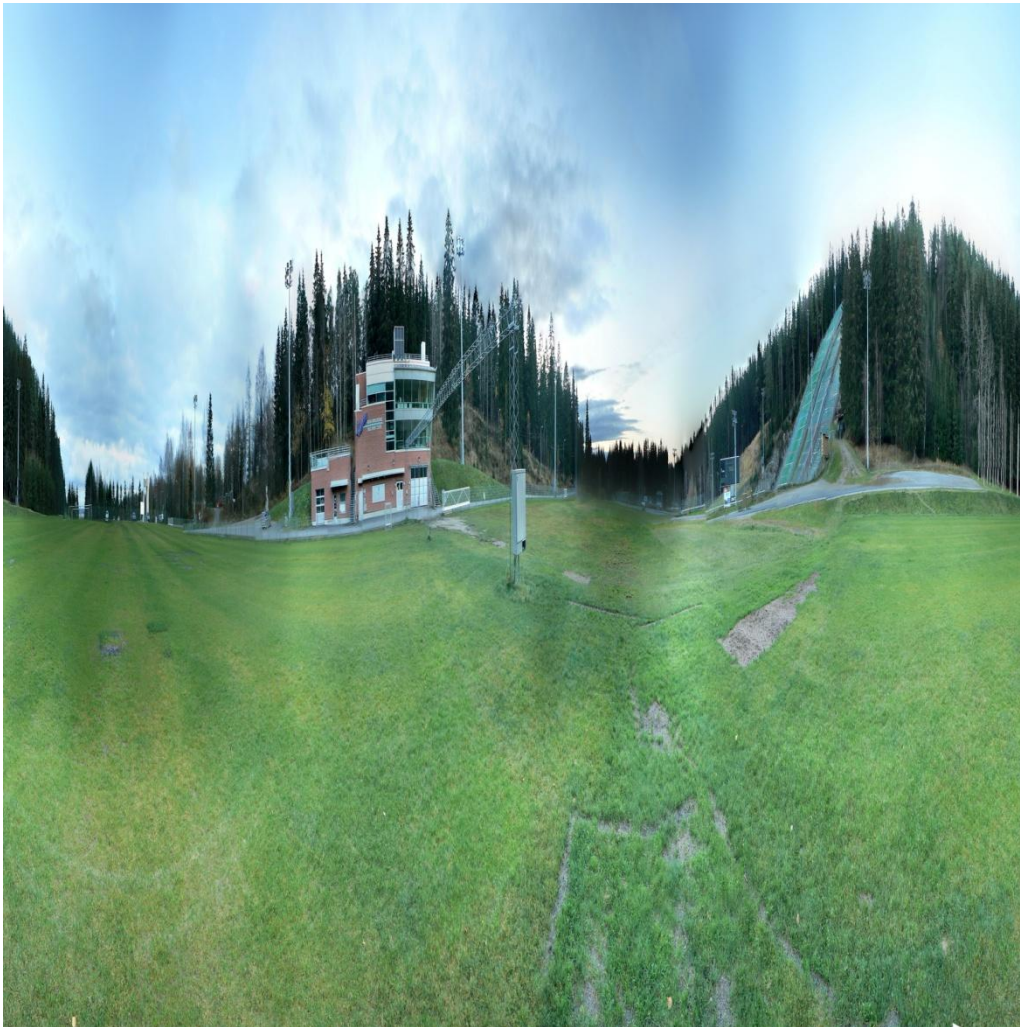
Kuvan saaminen viimein Napa-panoraamamuotoon onnistuu Adobe Photoshop 13.0 kuvankäsittelyohjelmalla. Kuva kannattaa katsoa ensin kuntoon ennen kuvan muuntamista pieneksi planeettakuvaksi. Kuvasta ei tule kooltaan kovin suuri joka on myös sen etu pienestä katselutilasta, joten liian pienien virheiden korjaukseen ei kannata käyttää aikaa liikaa, ellei kuvaa tulla myöhemmin tulostamaan suurempaan kokoon.

Nyt kuvan voisi tallentaa "jpg" muotoon ja kuvapisteitä voidaan vähentää, jotta kuvasta saadaan järkevän kokoinen. Näin kuvan käsittelyohjelmat eivät vie työaseman työtehoa, eikä kuvan muokkaaminen normaalilla työasemalla ole hidasta ja aikaa vievää.

Koottu panoraamakuva yleensä aina on jäänyt reunoilta rönsyileväksi, joten meidän on ensin leikattava kuvan vinot ylä- ja alareuna pois. Sivuja meidän ei tarvitse leikata, koska näitä käytännössä ei ole 360 asteisessa kuvassa, koska kuva on lieriö tai ympyrä.

Kohta 1.) Leikkaustoiminto tapahtuu "crop" työkalulla Photoshopissa. Työkalulla rajataan alue, joka halutaan ottaa kuvaan mukaan. Kun alue on rajattu, tästä otetaan kopio ja kopio avataan uuteen ikkunaan uutena kuvana suorakulmainen neliö.

Kohta 2.) Seuraavaksi kuvasta tulee tehdä kuvasuhteessa 1x1. Eli tasasuuntainen neliö. Neliöksi kuva joudutaan keinotekoisesti muokkaamaan yhtä paljon kuvapisteitä vaaka ja pystysuunnassa. Tähän löytyy yleensä kuvankäsittelyohjelmissa työkalu "resize", jolla voidaan määrittää kuvan pisteiden määrä vaaka ja pystysuunnassa. Adobe Photoshop 13.0 työkalussa toiminto löytyy ylävalinnasta "Image" ja "Image size". Valitsin vaaka ja pystysuunnassa kuvapisteitä 10 000 x 10 000 pistettä.



KUVA 30. Panoraamakuva venytettynä tasasuuntaiseksi neliöksi kuvasuhteeseen 1x1. Puijo, Kuopio. Valokuva Dan Hietasalo 2012.

Kohta. 3.) Nyt kuva näyttää melko venyneeltä. Nyt kuva vielä pitää kääntää 180 astetta, jotta taivas jää kuvan alapuolelle. Tähän sopii myös useissa kuvankäsittely ohjelmassa toiminto "flip" tai "rotate". Adobe Photoshop ohjelmassa toiminto tapahtuu valikosta "Image", "Image rotation" ja Flip canvas vertical" tai "180°". Jos kuvasta halutaan tunnelikuva eikä pikkuplaneettaa, niin kuvaa ei tule kääntää.

Kohta 4.) Adobe Photoshop 13.0 ohjelmasta löytyy valmis filteritoiminto jolla kuva muuttuu napa-panoraamakuvaksi. Toiminto löytyy valikosta "Filter", Distort ja "Polar coordinate..." Tämä avaa uuden ikkunan, jossa tulee olla merkitty "Rectangular to Polar". Ikkunalla voidaan myös esikatsella lopputulosta, jota en näe tarpeelliseksi jos kuvan ei ole liian raskas käsiteltäväksi työasemallesi. Valitsemalla OK saat lopullisen napa-panoraamakuvan pikkuplaneettamuodossa näytöllesi.



KUVA 31. Lopputulos planeetta napa-panoraamakuva. Puijo, Kuopio. Valokuva Dan Hietasalo 2012.

Lopullisessa kuvassa olisi vielä korjattavissa oleva kohta keskellä planeettakuvaa. Asian voi korjata, jos kuvat otetaan mahdollisemman alhaalta, joka on kuvaajalle hankala kuvausasento. Kuvaaja joutuisi tällöin ottamaan kuvaan makaamalla maassa useita tunteja. Tähän olisi sopiva lisätyökalu järjestelmäkameroissa kaukolaukaisin ja kameran asettaminen kolmijalan varaan matalalle.

8.2.5 Napa-panoraamakuvan viimeistely

Napa-panoraamakuvassa keskellä oleva maa näyttää venyneeltä. Kuvan keskiosaan on viety koko panoraamakuvan alareuna. Kuvan keskellä oleva venyneen näköisen ruohikkomaan saa korjattua kolmella tavalla. Kuvausvaiheessa ottamalla kuvan vielä kohdasta jossa kameran kolmijalka oli asetettuna suoraan maasta tai missä seiso i kuvia ottaessa. Kuvan ei tarvitse olla otettuna täysin samasta polttopisteestä. Kuva maasta on liitettävä kuvan keskiosaan uutena kerroksena. Liitoksen aiheuttamat rajat voi häivyttää Photoshop kumilla sopivan kokoiseksi keskellä napapanoraamakuva. Toisena vaihtoehtona kuvan ruohotasosta voisi ottaa kopion myös ottamalla jostain toisesta kuvasta kopion ruhosta ja lisätä sen kuvan keskiosaan uutena kerroksena. Kolmas vaihtoehto olisi että kuvan aivan ruohotasosta olisi vielä otettu mahdollisemman läheltä kameran jalustaa maasta 360 asteen kuvakokoelma. Kuvan ulkoreunojen kulmissa olevia venytettyjä pintoja ei luonnollisin tavoin voi korjata ottamalla kuvia lisää taivaasta lisää, jos venyneet kohdat on saatava pois näkymästä, voi kuvan leikata ympyräksi tai neliöksi.

LÄHTEET

Adobe Systems Incorporated. 2012. Panoraamakuvien luominen valokuvia yhdistämällä. Julkaisija Adobe System inc [viitattu 25.3.2012]. Saatavissa: http://help.adobe.com/fi_FI/photoshop/cs/using/WSfd1234e1c4b69f30ea53e41001031ab64-75e8a.html.

Adobe System Incorporated. 2012. Photoshop Elements Help. Julkaisija Adobe System Inc [viitattu 1.9.2012]. Saatavissa: <http://helpx.adobe.com/photoshop-elements.html>

Adobe TV. Using Photomerge Style Match. Julkaisija Adobe [viitattu 1.10.2012]. Saatavissa: <http://tv.adobe.com/watch/learn-photoshop-elements-10-editor/using-photomerge-style-match/>

Candeethechronics. 2011. How to make 360 degree planets in Photoshop. Julkaisija Youtube [viitattu 10.5.2012]. Saatavissa: http://www.youtube.com/watch?v=Q_GvblGsqa4&feature=related

Destination Management in Russia. Museum-Panorama Borodino-Battle. Julkaisija 2004-2012 Russkaya Storona [viitattu 28.10.2012]. Saatavissa: <http://www.russkaya-storona.ru/moscow/museums/Panorama/>

Hamton, D. 2012. Rocket Launches Into Dazzling Northern Light Show, Kalansilmä objektikuva. Julkaisija TechMediaNetwork.com [viitattu 3.10.2012]. Saatavissa: <http://www.space.com/14631-rocket-launch-dazzling-northern-lights.html>

Mattila, M. 2010. Panoraamakuvaus. Julkaisija Matti Mattila [viitattu 15.12.2011]. Saatavissa: <http://www.mattimattila.fi/comments/panoraamakuvaus>

Mutanen, A. 2009. Aloittelijan valokuvausopas. Julkaisija Joomla [viitattu 3.12.2012]. Saatavissa: <http://www.artomutanen.net/opas/>

National Place Museum. Julkaisija National Place Museum [viitattu 28.10.2012]. Saatavissa: http://www.npm.gov.tw/en/collection/selections_02.htm?docno=1461&catno=15&pageno=3

Otr@digifaq.info. 2006. Mikä on polttoväli, zoom yms. Julkaisija DigiFAQ [viitattu 2.5.2012]. Saatavissa: http://digifaq.info/digi_omat/zoom/

Overclock.net. 16:9 vs 16:10. Julkaisija Overclock Foorumi [viitattu 26.10.2012]. Saatavissa: <http://www.overclock.net>

Panorama Mesdag. 2012. Julkaisija 2012 Panorama Mesdag [viitattu 27.10.2012]. Saatavissa: <http://panorama-mesdag.com/>

Photoshop Tutorials. Create Cinematic Panoramas With Photomerge In Photoshop. Julkaisija Adobe System Inc [viitattu 12.8.2012]. Saatavissa: <http://www.photoshopessentials.com/photo-effects/panorama/>

Saga, L. 9.12.2011. The Pace of Technology. Julkaisija TechnoBuffalo [viitattu 1.3.2012]. Saatavissa: <http://www.technobuffalo.com/technobuffalo/opinion/the-pace-of-technology/>

Shutterstock. 2012. Different camera shutter. Shutterstock inc. [viitattu 11.9.2012]. Saatavissa: <http://www.shutterstock.com/pic-24520255/stock-vector-different-camera-shutter-apertures-isolated-over-white.html>

Suomi Sanakirja. 2012. Julkaisija SuomiSanakirja.fi [viitattu 30.11.2012]. Saatavuus: <http://suomisanakirja.fi/stitsaus>

Turok 20.3.2008. The LCD Buyer's Guide. Julkaisija XtremeSystems Forum [viitattu 30.11.2012] Saatavissa: <http://www.xtremesystems.org/forums/showthread.php?71226-The-LCD-Buyers-Guide>

Vertaa.fi. Yleistä objektiivista ja linseistä. Julkaisija Vertaa.fi [viitattu 2.5.2012]. Saatavissa: http://www.vertaa.fi/info/product_objektiivit_ja_linssit_yleinen/

Vilevaavu.org. 2005. Otsikko, Kuvaaminen ja Laitteisto. Julkaisija Villevaavu.org [viitattu 5.12.2011]. Saatavissa: <http://www.villevaavu.org/>

Westley, F. 2012. Watch how a camera shutter works in slow motion. Julkaisija BermanBraun [viitattu 1.11.2012]. Saatavissa: <http://www.tested.com/?page=45%2F&p=128>